

3 Estudo de caso

O estudo de caso foi realizado em uma empresa distribuidora de produtos químicos, com três centros de distribuição localizados nas regiões Nordeste, Sul e Sudeste. A empresa não possui atualmente nenhum pacote computacional que realize análise das séries temporais. Todas as previsões de vendas atuais são elaboradas exclusivamente pela equipe de vendas, baseadas tão somente no nível de vendas do mês precedente ao da previsão.

3.1 A empresa

A empresa fonte do estudo é uma empresa atacadista que comercializa e distribui, desde 1993, produtos químicos. Também é prestadora de serviços logísticos para clientes em território nacional. A empresa realiza importações de produtos químicos em navios de carga geral – os chamados navios *breakbulk* – para distribuição no mercado doméstico brasileiro para fabricantes de produtos têxteis, de limpeza, de vidro, especialidades químicas, tintas, cerâmicas, papel e celulose, tratamento de água, velas, dentre setores diversos. Conta ainda com uma estrutura de centros de distribuição localizados em cidades portuárias que recebem bimestralmente as importações que comporão 100% do estoque da empresa.

As três unidades operacionais da empresa são responsáveis pela recepção de cargas dos navios de carga geral, prestação dos serviços logísticos, armazenagem e expedição dos produtos nas vendas locais. A unidade operacional localizada na região nordeste atende a clientes da região norte e nordeste, enquanto que a unidade operacional localizada no sudeste atende exclusivamente a clientes dessa região. A unidade operacional da região sul atende ao mercado das regiões sul e centro oeste.

A escolha da localização dos três centros de distribuição levou em consideração não apenas os portos de recepção, mas também as regiões de localização da maior parte dos clientes da empresa. No mercado local, o modal rodoviário é utilizado em 100% da distribuição que se dá geralmente em caminhões silo, carreta e *trucks*, com capacidades respectivas de 30, 27 e 14 toneladas. Dependendo do

porte do cliente final é necessária a contratação de fretes fracionados, com carretas ou *trucks* compostos de cargas de clientes diversos.

3.2

Características operacionais e ambiente mercadológico

O nível de estoque atual observado encontra-se, em geral, bastante elevado, gerando, conseqüentemente, um custo de manutenção extremamente alto, além de expressivas despesas com aluguel de armazéns por conta da imprecisão na previsão de vendas e cálculos imprecisos dos tamanhos dos lotes e estoques de segurança a serem importados. Observa-se, por outro lado, produtos cujas vendas são subestimadas. Nesse caso, antes da chegada do próximo lote (navio) da empresa, é comum a diretoria comercial estabelecer cotas de vendas entre as unidades comerciais da empresa, representando lucros não realizados em vendas por conta da imprecisão na previsão. Em outras palavras, quando o nível de inventário atinge determinado nível, é comum a diretoria comercial limitar a quantidade de venda de alguns itens entre as unidades comerciais da empresa.

O número de produtos que compõem o portfólio da empresa é reduzido, com apenas quatro produtos respondendo por mais de 88,64% do faturamento mensal da empresa e por 97,53% do volume mensal de vendas. A fonte dos produtos é Europa e China e, por força contratual, a empresa recebe um navio de ambas as origens uma vez por bimestre. Considerando o *leadtime* do processo – período de produção, preparação para exportação nos mercados de origem, transporte interno do fabricante ao porto de embarque, desembarço para exportação para o Brasil, carregamento nos navios (que normalmente atingem a marca de cinco dias), viagem até os portos de destino brasileiros, atracação, descarga no Brasil (girando em torno de três a quatro dias) e ainda o período para o desembarço aduaneiro – verifica-se a necessidade de se prever a compra de lotes com alguns meses de antecedência.

Daí a importância de se procurar aumentar a precisão das previsões de vendas de forma a permitir uma redução de custos de estoque e um melhor planejamento dos lotes a serem importados, além de se buscar reduzir as perdas de vendas daqueles produtos cuja demanda é subestimada.

Por ser um distribuidor, à empresa não são requeridos investimentos em processos produtivos, mas em equipamentos de recepção e expedição nos arma-

zéns para o manuseio da carga e maximização das áreas de estocagem. A produtividade de movimentação de carga de tais equipamentos, contudo, deve atender a uma capacidade mínima de forma a dar continuidade ao fluxo contínuo de carregamentos diários realizados para os clientes do mercado doméstico. Como lotes futuros só serão recebidos a cada dois meses, variações expressivas na demanda podem vir a acarretar falta de produto – no caso de se subestimar o nível de vendas – ou excesso de estoque – no caso de se superestimar a previsão de vendas. Ambos os casos representam uma perda para a empresa uma vez que a falta de produto representa perda de vendas (perda de lucro com vendas perdidas) e abertura de sua fatia de mercado à concorrência, enquanto que o estoque em excesso traz consigo aumento de custos, reduzindo o resultado financeiro da empresa.

Pelas características do *leadtime* do processo, os lotes importados geralmente não obedecem a pedidos pré-estabelecidos. Para o tipo de indústria fim a que se destinam os produtos, customizações não é o foco do negócio. Isso quer dizer que antes da efetiva compra pelos clientes brasileiros, a empresa deve enviar as ordens aos fornecedores estrangeiros a partir da previsão de vendas. É importante salientar que utilizamos o termo “previsão de vendas” no lugar de “previsão de demanda” pelo fato da empresa não registrar em seu banco de dados as vendas não realizadas e, por consequência, a demanda real do mercado.

No primeiro ano de operações da empresa, as atividades voltavam-se somente às exportações. No ano seguinte, a empresa, visando atender a um cliente do mercado local, decidiu importar dois produtos de origem europeia (chamados no estudo de A e B). Atualmente, a empresa ocupa o segundo lugar no mercado brasileiro como distribuidor desses produtos, atrás apenas de um concorrente norte-americano.

Após quatro anos de operações, a empresa decidiu expandir sua linha de produtos e passou a importar da China os produtos C e D, figurando, em relação a ambos, como o maior distribuidor no mercado local.

Pela soma do volume importado e distribuído dos quatro produtos, a empresa ocupa hoje um dos primeiros lugares no mercado doméstico, estando à frente de seus concorrentes pelo fato de alguns serem especializados apenas nos produtos A e B, enquanto outros apenas no produto C. Em relação a esse último produto, a principal concorrência trabalha com produtos de origem europeia.

A partir de meados de 2009, com a crise na Europa e redução dos produtos no mercado internacional, a disputa entre a empresa e a concorrência tem se acirrado. Por razões ambientais e econômicas, alguns dos produtos tendem a ser substituídos no médio e longo prazo por produtos diversos de valor agregado mais baixo. Cabe, portanto, à área de marketing uma atenção e substituição provável dos produtos da empresa, buscando antecipar mudanças no mercado e nas previsões de venda para determinados itens da empresa.

Por outro lado, o comportamento dos clientes finais centra-se não apenas nos preços mais atrativos, seja do produto ou do frete interno do centro de distribuição até sua planta, mas também nas características físico-químicas dos produtos que podem determinar se certo item pode ser aplicado à produção de determinado produto final ou não. Diferenças nas estruturas físicas das plantas – como a existência de silos para a recepção de produtos – podem determinar a embalagem de importação ou o equipamento específico de carregamento no veículo mais apropriado às instalações da indústria cliente.

Em suma, a fim de se buscar manter os clientes já existentes e conquistar novos, é necessária a busca não apenas pelas exatas especificações químicas dos clientes, mas também por preços cada vez menores. Estes, por sua vez, podem ser conquistados de formas diversas no mercado distribuidor de químicos: compra via novos players internacionais, fretes marítimos mais competitivos, mas também através de custos locais mais baixos que podem ser obtidos através de uma precisão maior na previsão de vendas da corporação.

Considerando que os produtos químicos trabalhados pela empresa apresentam elevados volumes (estamos nos referindo a vendas superiores a 12.000 toneladas/mês) e são importados bimestralmente, lidamos, por consequência, com um alto valor de estoque. Os produtos apresentam ainda um prazo de validade não muito alto, que requer atenção quanto ao giro de estoque, com parte da validade sendo perdida no *leadtime* do processo (transporte ao porto de embarque, viagem marítima internacional e desembarço). A atenção ao giro de estoque deve ser grande a fim de se evitar que produtos estocados percam a validade, impactando em custos maiores de estocagem e posterior destruição.

3.3 Metodologia atual de previsão de vendas

A previsão de vendas atual da empresa para a colocação de pedidos junto aos fornecedores internacionais dá-se por meio de reuniões mensais realizadas pelas diretorias comercial e operacional e pela gerência de importação da empresa. A participação do departamento de vendas é preponderante e determinante para a composição do tamanho de cada lote, dos produtos a serem importados e do *breakdown* final das cargas para cada porto de descarga. Inexiste atualmente uma metodologia formal para o cálculo do tamanho dos lotes. O tamanho dos mesmos é determinado predominantemente pela expertise da diretoria comercial, conhecimento do nível de vendas do último mês para cada centro de distribuição, previsão futura com base puramente na intuição e conhecimento de contratos fechados para os próximos meses.

A coleta de dados para a determinação dos lotes não é elaborada pela diretoria comercial a partir do sistema corporativo da empresa – ERP – mas por planilhas de estoque físico e saídas enviadas pelas bases operacionais da empresa (centros de distribuição).

Atualmente, a empresa não utiliza recursos computacionais – programas – para sua previsão de vendas. A utilização de métodos estatísticos com base nos dados históricos disponíveis na empresa não é realizada, tomando-se como base somente as vendas apuradas no mês anterior. Também pela ausência de um formalismo maior e pela total dependência da empresa ao seu departamento comercial, o cronograma das reuniões mensais acaba não sendo seguido com um rigor maior, obrigando posteriormente a tomada de decisões imediatistas (com análises menos rigorosas). O resultado é o que se tem apresentado atualmente: vendas subestimadas, com um elevado nível de estoque e conseqüente alto custo financeiro.

3.4 Estruturação da previsão

As vendas diárias da empresa para cada centro de distribuição são mantidas no banco de dados, por meio de seu ERP (sistema de *enterprise resource planning*). A unidade de medida é a tonelada e assim também serão tratadas as previsões.

O objeto de estudo serão as previsões de vendas de um produto de origem europeia – denominado “A” – a partir de determinado centro de distribuição da empresa que chamaremos de CD1 daqui em diante. Para esses casos, há de se considerar

como horizonte de planejamento a data limite determinada pelo fornecedor para recepção das ordens de compra, a data prevista para carregamento e saída do navio do porto de origem, o tempo de trânsito do navio até o porto de descarga e o tempo necessário para a descarga do navio e desembaraço aduaneiro. Para o primeiro navio do ano de 2010, o fornecedor europeu estabeleceu prazo máximo de envio das ordens de compra até o final do dia 31 do mês de dezembro de 2009. O embarque se daria 30 dias depois (31 de janeiro de 2010) e a chegada no porto de destino em 15 de fevereiro de 2010 (tempo de trânsito do navio de 15 dias). Após 13 dias (em torno de 28 de fevereiro de 2010), considera-se o produto já descarregado do navio e desembaraçado (nacionalizado pela aduana). Todos os navios posteriores possuem frequência bimestral e seguem esse mesmo horizonte de tempo. Quando da entrada dos lotes importados em estoque, o distribuidor deve enviar ao fornecedor europeu novamente as ordens de compra para os lotes dos próximos navios (por exemplo: o envio da próxima ordem se deu em 28 de fevereiro de 2010) e assim por diante ao longo do ano, perfazendo um *leadtime* do processo como algo em torno de dois meses para cada embarque.

A agregação dos dados históricos disponíveis da empresa será feita em base mensal: em vez de se considerar cada nota fiscal emitida pela empresa ou mesmo a base diária de alimentação do banco de dados, os responsáveis pela previsão de vendas deverão trabalhar com base mensal. A empresa terá, portanto, um período de dois meses para se adaptar a quaisquer flutuações em suas vendas.

Desta forma, para o primeiro pedido referente ao ano de 2010, enviado no dia 31 de dezembro de 2009, o distribuidor considerou na composição do tamanho do lote a soma das demandas estimadas para janeiro, fevereiro, março e abril de 2010 e do estoque de segurança, subtraída da quantidade em estoque prevista ao final do mês de dezembro de 2009.

O objetivo do estudo de caso, lembramos, é prover a uma empresa de médio porte a estruturação de um sistema de previsões de venda mais preciso, através da utilização de uma ferramenta simples como o Excel® e que não requer um vultoso investimento financeiro na compra de pacotes computacionais específicos para previsões de demanda. Isso se torna possível no caso da empresa em estudo pelo fato de a mesma apresentar um reduzido número de itens relevantes em seu portfólio. Para o caso de empresas que trabalham com um número maior de itens em sua produção ou distribuição, teríamos a possibilidade de se agregar tais itens

em famílias por suas similaridades, reduzindo o número de itens a serem previstos ou mesmo sugerir a compra de um *software* específico.

O caso em estudo nos permite demonstrar como é possível trabalhar com níveis de estoque menores através de uma estruturação da previsão de vendas.

3.5 Análise das séries temporais

Escolhido o produto “A” para o CD1, as vendas diárias da empresa para cada centro de distribuição são armazenadas no banco de dados do ERP, como dito anteriormente. Os dados encontram-se disponíveis desde 2003, porém foram considerados para a análise da série temporal somente os dados mais recentes, no período compreendido entre janeiro de 2007 e maio de 2010, por demonstrarem uma tendência de crescimento enquanto que os anos anteriores sugeriam o modelo constante. Portanto, dispõe-se de um total de 41 observações para o período, conforme mostrado na Tabela 3.1.

Na primeira análise gráfica da série, constatou-se a existência de pelo menos três dados atípicos. Valores dessa natureza dentro de uma série histórica podem decorrer de fatores diversos, tais como digitação incorreta pelo(s) responsável(is) da alimentação dos dados no sistema, falta de produtos, nova política de preços e entrada de novos concorrentes no mercado, dentre outros. Através da Figura 3.1, podemos visualmente identificar tais valores.

Verificada a razão junto à administração empresa – vendas para clientes que compravam de outros fornecedores e que, num momento de falta do produto no mercado, procuraram a empresa para realizar compras pontuais durante os meses de maio e agosto e escassez de estoque no mês de dezembro por conta no atraso da chegada do próximo navio – parte-se para ações corretivas na série histórica, com a eliminação dos dados atípicos.

Alguns autores optam por substituir tais dados por números preditos para os períodos atípicos, porém adotamos, no presente estudo, a opção de eliminarmos tais valores, uma vez que houve êxito na identificação, junto às áreas de vendas e administrativa da empresa, da ocorrência atípica de tais eventos, distantes do padrão da série, que não devem se repetir futuramente.

Tabela 3.1 – Série temporal das vendas janeiro/2007 a maio/2010

Ano	Mês	Período (t)	Vendas em Toneladas (X_t)	Ano	Mês	Período (t)	Vendas em Toneladas (X_t)
2007	Janeiro	1	2.534,70	2009	Janeiro	25	2.725,52
	Fevereiro	2	2.098,23		Fevereiro	26	3.343,80
	Março	3	2.937,65		Março	27	3.607,58
	Abril	4	2.996,63		Abril	28	3.654,02
	Maio	5	2.999,85		Maio	29	3.700,37
	Junho	6	3.021,27		Junho	30	3.883,47
	Julho	7	3.479,60		Julho	31	4.025,55
	Agosto	8	2.366,37		Agosto	32	3.086,13
	Setembro	9	2.821,89		Setembro	33	4.444,95
	Outubro	10	4.332,23		Outubro	34	4.219,89
	Novembro	11	3.990,03		Novembro	35	3.998,07
	Dezembro	12	3.328,85		Dezembro	36	4.481,10
2008	Janeiro	13	4.044,08	2010	Janeiro	37	4.320,39
	Fevereiro	14	3.012,41		Fevereiro	38	4.120,73
	Março	15	2.414,82		Março	39	5.527,31
	Abril	16	2.700,74		Abril	40	5.252,91
	Maio	17	7.962,57		Maio	41	4.891,41
	Junho	18	3.259,29				
	Julho	19	3.269,42				
	Agosto	20	7.858,97				
	Setembro	21	3.228,90				
	Outubro	22	4.430,84				
	Novembro	23	3.570,29				
	Dezembro	24	955,08				

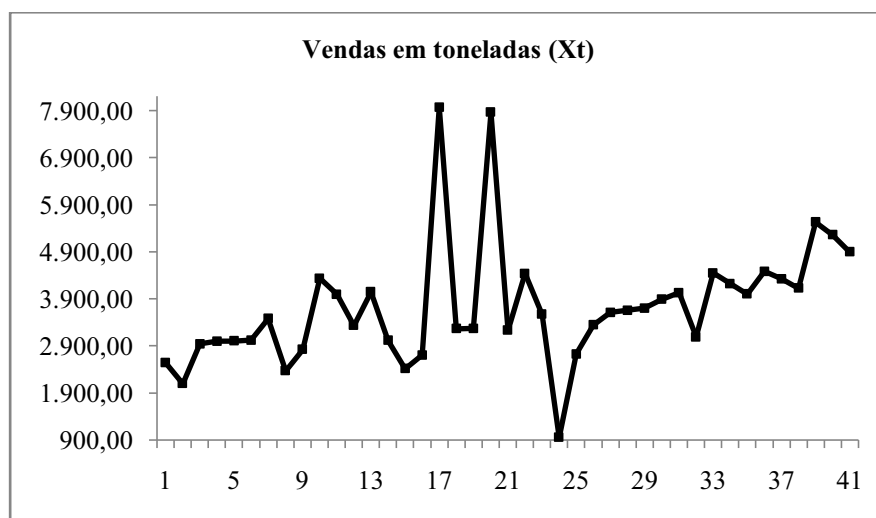


Figura 3.1 – Gráfico das vendas janeiro/2007 a maio/2010

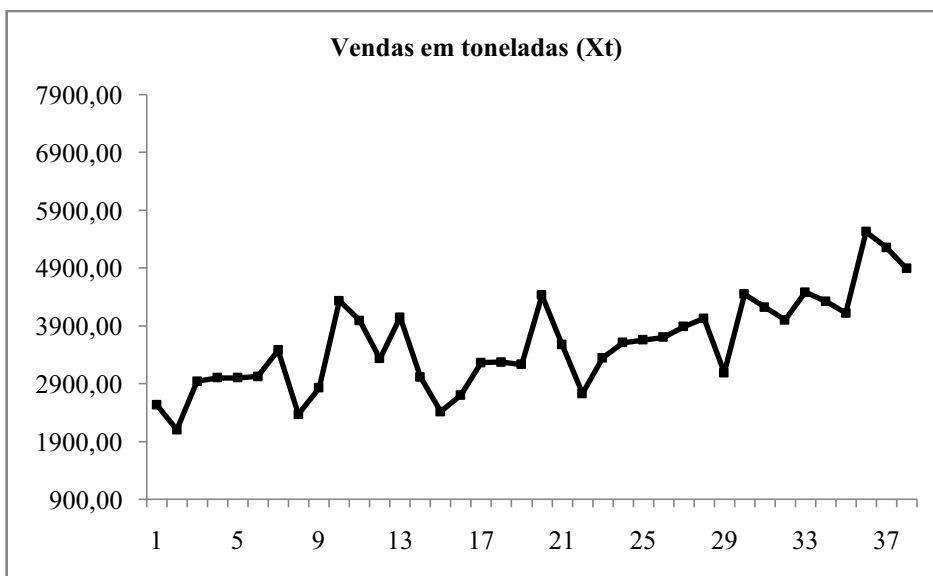


Figura 3.2 – Gráfico das vendas, eliminados os valores atípicos

3.6 Método de previsão

O amortecimento exponencial é provavelmente o método de previsão estatístico de curto prazo mais difundido, sendo também de simples aplicabilidade. Ele está presente em diversos pacotes computacionais disponíveis no mercado, mas também pode ser aplicado por meio do Excel®. A atualização de dados por tal método pode ser feita apenas com o acréscimo de uma linha numa planilha para um período subsequente.

Por apresentar tal simplicidade de aplicação e também por estar mais em sintonia com o horizonte de previsão de vendas da empresa – curto prazo – adotou-se o método de amortecimento exponencial.

No caso em questão, por apresentar reduzido número de itens de estoque e reduzido número de centros de distribuição, a adoção de um modelo simples e acurado através de planilhas mostra-se viável. O controle dos indicadores de desempenho – erros de previsão –, por um rigor mais formal, resultará em ganhos financeiros para a empresa e seus acionistas e contribuirá para que no futuro, comprovada a eficiência do método e cumprido seu objetivo principal de reduzir custos e perdas com estoque, sejam adotados pacotes computacionais mais avançados. O objetivo inicial é convencer a diretoria a adotar um método quantitativo – e de melhor resultado que o método pouco rigoroso atualmente utilizado – em suas previsões de venda e para tanto veremos a aplicação do modelo para um item

de estoque para um centro de distribuição determinado (produto A, centro de distribuição CD1).

3.7

Inicialização da previsão

Os dados de vendas do ano de 2007 (janeiro a setembro) formam a base para a inicialização da previsão. Visualizando o gráfico da Figura 3.3, podemos notar a existência de tendência na série.

Feita uma regressão linear nos dados, a equação $y = 51,02x + 2551$ informa o valor inicial da tendência (51,02). A partir da mesma, é calculado o nível inicial: $(51,02 \times 9 \text{ períodos}) + 2.551 = 3.010,18$

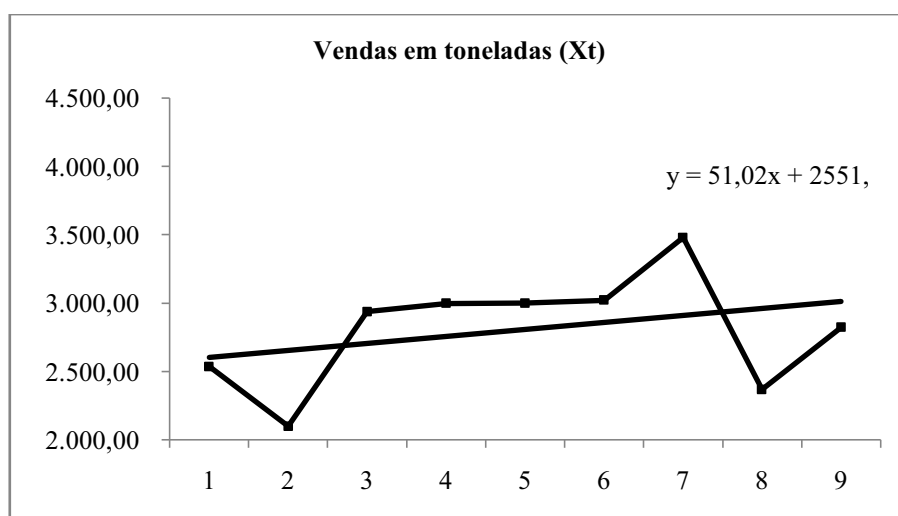


Figura 3.3 – Gráfico da inicialização do método de amortecimento

3.8

Simulação da previsão e cálculo das constantes de amortecimento

Inicializada a previsão, parte-se para a atualização e previsão dos próximos períodos (outubro de 2007 até dezembro de 2009). Isso é realizado por meio da Equação 2.3. Os resultados estão apresentados na Tabela 3.2. Os dados de janeiro a maio de 2010 serão utilizados na simulação da política de encomenda, descrita na seção 3.9.

As constantes de amortecimento são obtidas por meio da função *Solver* do Excel®, conforme o procedimento descrito na Seção 2.3.2. Os resultados são apresentados na Tabela 3.3:

Na Tabela 3.4 são apresentados os valores do erro, do erro quadrado e da soma do erro acumulado para os valores das constantes de amortecimento obtidas

com a minimização do erro quadrado médio (última linha da tabela), que vem a ser a estimativa da variância do erro de previsão um período adiante.

No gráfico da Figura 3.4 são apresentados o erro de previsão e o erro acumulado (soma cumulativa do erro). Observa-se que ambos não indicam presença de viés nas previsões.

Tabela 3.2 – Previsão para um mês adiante

Ano	Mês	Período (t)	Vendas em Toneladas (X_t)	Nível a_t	Tendência b_t	Previsão para 1 mês adiante
2007	Janeiro	1	2.534,70			
	Fevereiro	2	2.098,23			
	Março	3	2.937,65			
	Abril	4	2.996,63			
	Maio	5	2.999,85			
	Junho	6	3.021,27			
	Julho	7	3.479,60			
	Agosto	8	2.366,37			
	Setembro	9	2.821,89	3.010,18	51,02	
	Outubro	10	4.332,23	3.086,62	52,29	3.061,20
	Novembro	11	3.990,03	3.155,93	53,14	3.138,91
	Dezembro	12	3.328,85	3.211,47	53,26	3.209,08
2008	Janeiro	13	4.044,08	3.280,32	54,04	3.264,73
	Fevereiro	14	3.012,41	3.327,92	53,72	3.334,36
	Março	15	2.414,82	3.362,31	52,75	3.381,64
	Abril	16	2.700,74	3.400,77	52,04	3.415,06
	Junho	17	3.259,29	3.448,94	51,84	3.452,81
	Julho	18	3.269,42	3.496,16	51,61	3.500,78
	Setembro	19	3.228,90	3.541,39	51,29	3.547,77
	Outubro	20	4.430,84	3.609,45	52,13	3.592,69
	Novembro	21	3.570,29	3.659,76	52,04	3.661,58
	Janeiro	22	2.725,52	3.692,07	51,05	3.711,80
	Fevereiro	23	3.343,80	3.735,14	50,66	3.743,13
	Março	24	3.607,58	3.782,23	50,48	3.785,80
2009	Abril	25	3.654,02	3.829,13	50,30	3.832,71
	Maio	26	3.700,37	3.875,85	50,12	3.879,43
	Junho	27	3.883,47	3.925,12	50,08	3.925,97
	Julho	28	4.025,55	3.976,21	50,13	3.975,20
	Agosto	29	3.086,13	4.007,53	49,19	4.026,33
	Setembro	30	4.444,95	4.064,48	49,58	4.056,72
	Outubro	31	4.219,89	4.116,17	49,68	4.114,06
	Novembro	32	3.998,07	4.162,50	49,51	4.165,85
	Dezembro	33	4.481,10	4.217,39	49,78	4.212,01

Tabela 3.3 – Resultado das constantes de amortecimento

Série	Com tendência crescente
α_{HW}	0,02
β_{HW}	0,005

Tabela 3.4 – Erro de previsão, erro quadrado e soma cumulativa do erro

Ano	Mês	Período (t)	Vendas em toneladas	Previsão para 1 mês	Erro	Erro quadrado	Soma cumulativa do erro
2007	Janeiro	1	2.534,70				
	Fevereiro	2	2.098,23				
	Março	3	2.937,65				
	Abril	4	2.996,63				
	Maio	5	2.999,85				
	Junho	6	3.021,27				
	Julho	7	3.479,60				
	Agosto	8	2.366,37				
	Setembro	9	2.821,89				
	Outubro	10	4.332,23	3.061,20	1.271,03	1.615.504,55	1.271,03
	Novembro	11	3.990,03	3.137,77	852,26	726.351,19	2.123,29
	Dezembro	12	3.328,85	3.206,05	122,80	15.079,80	2.246,09
2008	Janeiro	13	4.044,08	3.259,75	784,33	615.172,32	3.030,42
	Fevereiro	14	3.012,41	3.326,76	-314,35	98.816,18	2.716,07
	Março	15	2.414,82	3.371,76	-956,94	915.734,18	1.759,13
	Abril	16	2.700,74	3.403,82	-703,08	494.324,47	1.056,04
	Junho	17	3.259,29	3.440,88	-181,59	32.975,32	874,45
	Julho	18	3.269,42	3.488,36	-218,94	47.935,47	655,51
	Setembro	19	3.228,90	3.535,06	-306,16	93.736,04	349,35
	Outubro	20	4.430,84	3.580,00	850,84	723.928,55	1.200,19
	Novembro	21	3.570,29	3.648,15	-77,87	6.063,26	1.122,32
2009	Janeiro	22	2.725,52	3.697,73	-972,21	945.195,79	150,11
	Fevereiro	23	3.343,80	3.729,32	-385,52	148.623,80	-235,41
	Março	24	3.607,58	3.772,60	-165,03	27.234,47	-400,44
	Abril	25	3.654,02	3.820,28	-166,27	27.645,07	-566,71
	Maio	26	3.700,37	3.867,92	-167,56	28.075,02	-734,26
	Junho	27	3.883,47	3.915,52	-32,05	1.026,98	-766,31
	Julho	28	4.025,55	3.965,82	59,73	3.567,80	-706,58
	Agosto	29	3.086,13	4.017,96	-931,83	868.312,54	-1.638,41
	Setembro	30	4.444,95	4.050,18	394,77	155.841,46	-1.243,64
	Outubro	31	4.219,89	4.108,97	110,92	12.302,50	-1.132,73
	Novembro	32	3.998,07	4.162,10	-164,03	26.905,33	-1.296,75
	Dezembro	33	4.481,10	4.209,71	271,39	73.653,51	-1.025,36
Erro Quadrado Médio (EQM):						321.000,23	

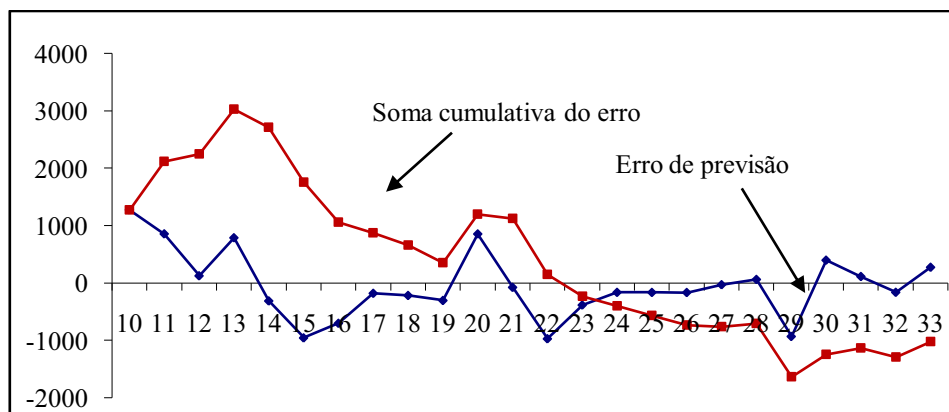


Figura 3.4 – Gráfico do erro de previsão e da soma do erro acumulado

3.9 Cálculo dos lotes de compra

Um detalhe diferencia a previsão para este caso. Como já explicado na seção 3.4, temos um horizonte de previsões entre o envio do pedido/encomenda e a chegada e nacionalização do produto de dois meses. Considerando que os navios que a empresa recebe do produto “A” são bimestrais, temos ainda a considerar que os lotes a serem desembarçados deverão suprir dois meses de venda, devendo ser calculados para tal período. Teremos, portanto, previsões para um, dois, três e quatro meses adiante, conforme explicitado na Tabela 3.5.

Para o cálculo do tamanho ideal de cada lote de compra, a empresa deverá se apoiar não somente na previsão de vendas. Deverá considerar também o cálculo da probabilidade de falta do produto, de modo a prever um estoque de segurança, evitando perdas de vendas (e conseqüentes perdas de lucro).

Considerando a chegada em períodos bimestrais dos pedidos/navios e ainda a demanda para o período de dois meses adiante, podemos considerar as premissas abaixo:

A probabilidade de falta de estoque deverá ser igual à probabilidade do nível de inventário ser hipoteticamente negativo.

Logo após a chegada do primeiro navio considerado (primeiro lote/reposição de estoque), o nível de inventário será igual ao nível de estoque no instante zero, somado ao novo lote desembarcado e deduzido da demanda atendida dos dois últimos meses.

Através da Figura 3.5, podemos visualizar o nível de estoque da empresa e compreender de forma mais clara as premissas acima.

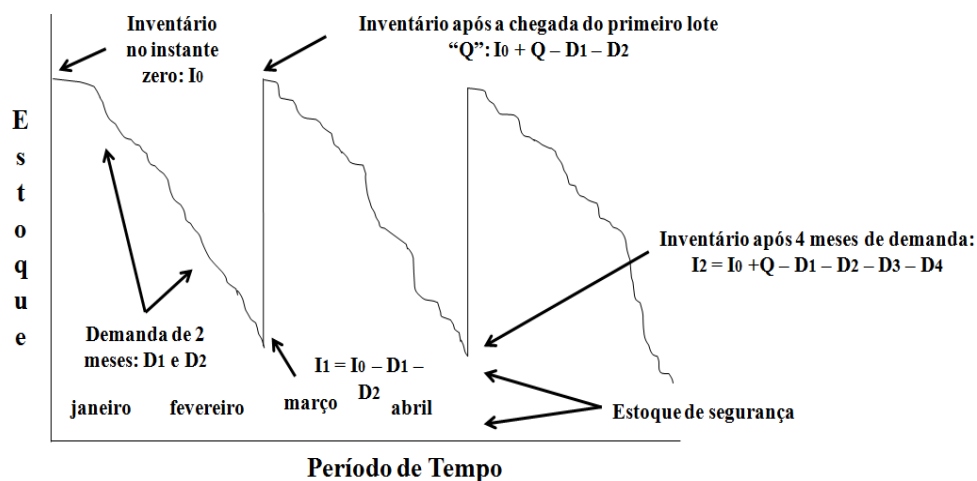


Figura 3.5 – Ilustração do fluxo de estoque

Consideram-se também nas premissas perdidos aqueles pedidos de compra não atendidos em função de falta de estoque.

Considerando que: I_0 é o nível de estoque no instante zero, as demandas reais nos quatro meses de janeiro a abril venham a ser D_1, D_2, D_3 e D_4 , a quantidade que deve ser encomendada é Q ; e I_2 é o nível de estoque ao fim de abril; tem-se que a probabilidade de falta é:

$$\begin{aligned}\Pr(\text{falta}) &= \Pr(I_2 < 0) = \Pr(I_0 + Q - D_1 - D_2 - D_3 - D_4 < 0) \\ \Pr(\text{falta}) &= (I_0 + Q - S_4 < 0) \\ \Pr(\text{falta}) &= (S_4 > I_0 + Q)\end{aligned}\tag{3.1}$$

onde S_4 é a soma das demandas realizadas nos quatro meses.

Seja \hat{S}_4 a soma das demandas estimadas para os quatro meses. Subtraindo \hat{S}_4 de ambos os lados da desigualdade da Equação (3.1), tem-se:

$$\Pr(S_4 - \hat{S}_4 > I_0 + Q - \hat{S}_4) = \Pr(\hat{e} > I_0 + Q - \hat{S}_4)$$

onde \hat{e} é o erro da previsão para a soma da demanda de quatro meses adiante (diferença entre as quatro demandas realizadas e quatro demandas previstas).

Dividindo ambos os lados da desigualdade acima pela estimativa do desvio padrão do erro de previsão para o mesmo período, tem-se:

$$\Pr\left(\frac{\hat{e}}{\hat{\sigma}_e} > \frac{I_0 + Q - \hat{S}_4}{\hat{\sigma}_e}\right)$$

Assumindo que os erros de previsão possam ser representados pela distribuição normal, tem-se:

$$\Pr\left(z > \frac{I_0 + Q - \hat{S}_4}{\hat{\sigma}_e}\right)$$

onde z é a variável normal padronizada.

Para um nível de serviço de 90% (com uma probabilidade de falta de apenas 10%), o z da distribuição normal padronizada será de 1,28:

$$\frac{I_0 + Q - \hat{S}_4}{\hat{\sigma}_e} = 1,28$$

$$Q = \hat{S}_4 - I_0 + 1,28 * \hat{\sigma}_e$$

Deve-se, portanto, realizar previsões para os quatro meses adiante e, realizando uma simulação da previsão da soma de quatro meses adiante, calcular a estimativa do desvio-padrão do erro de previsão para quatro meses adiante.

Na Tabela 3.5 são apresentados os resultados desta simulação.

Tabela 3.5 – Previsão para um, dois, três e quatro períodos adiante

Ano	Mês	Período (t)	Vendas em toneladas (X_t)	Previsão 1 mês adiante	Previsão 2 meses adiante	Previsão 3 meses adiante	Previsão 4 meses adiante
2007	Janeiro	1	2.534,70				
	Fevereiro	2	2.098,23				
	Março	3	2.937,65				
	Abril	4	2.996,63				
	Mai	5	2.999,85				
	Junho	6	3.021,27				
	Julho	7	3.479,60				
	Agosto	8	2.366,37				
	Setembro	9	2.821,89				
	Outubro	10	4.332,23	3.061,20			
	Novembro	11	3.990,03	3.137,77	3.112,22		
	Dezembro	12	3.328,85	3.206,05	3.188,91	3.163,24	
2008	Janeiro	13	4.044,08	3.259,75	3.257,28	3.240,06	3.214,26
	Fevereiro	14	3.012,41	3.326,76	3.310,99	3.308,51	3.291,21
	Março	15	2.414,82	3.371,76	3.378,08	3.362,24	3.359,74
	Abril	16	2.700,74	3.403,82	3.423,05	3.429,40	3.413,48
	Junho	17	3.259,29	3.440,88	3.455,01	3.474,34	3.480,72
	Julho	18	3.269,42	3.488,36	3.492,01	3.506,21	3.525,63
	Setembro	19	3.228,90	3.535,06	3.539,46	3.543,13	3.557,40
2009	Outubro	20	4.430,84	3.580,00	3.586,15	3.590,57	3.594,26
	Novembro	21	3.570,29	3.648,15	3.631,05	3.637,23	3.641,68
	Janeiro	22	2.725,52	3.697,73	3.699,29	3.682,10	3.688,32
	Fevereiro	23	3.343,80	3.729,32	3.748,86	3.750,43	3.733,16
	Março	24	3.607,58	3.772,60	3.780,35	3.799,99	3.801,57
	Abril	25	3.654,02	3.820,28	3.823,60	3.831,39	3.851,12
	Mai	26	3.700,37	3.867,92	3.871,26	3.874,60	3.882,42
	Junho	27	3.883,47	3.915,52	3.918,88	3.922,24	3.925,59
	Julho	28	4.025,55	3.965,82	3.966,46	3.969,85	3.973,22
	Agosto	29	3.086,13	4.017,96	4.016,76	4.017,41	4.020,81
	Setembro	30	4.444,95	4.050,18	4.068,91	4.067,71	4.068,36
	Outubro	31	4.219,89	4.108,97	4.101,04	4.119,86	4.118,65
Novembro	32	3.998,07	4.162,10	4.159,87	4.151,89	4.170,81	
Dezembro	33	4.481,10	4.209,71	4.213,01	4.210,76	4.202,75	

Na Tabela 3.6 são apresentados o cálculo do erro, do erro quadrado e do erro quadrado médio para a soma de quatro períodos (meses) adiante de previsão, começando em outubro de 2007 (um período adiante) e finalizando em dezembro de 2009. O desvio-padrão é então estimado pela raiz do erro quadrado médio que é apresentado na última linha desta tabela.

Chegamos, portanto, a um modelo para os tamanhos de lotes do distribuidor de produtos químicos que leva em consideração um sistema de previsões de demanda mais precisas, de forma a reduzir o nível de estoque atual. Ao mesmo

tempo, tal modelo considera o perfil conservador da empresa, considerando um elevado nível de serviço.

Tabela 3.6 – Controle de erros para a soma de quatro períodos

Ano	Mês	Período (t)	Soma vendas 4 meses	Soma previsões 4 meses	Erro	Erro quadrado	
2007	Janeiro	1					
	Fevereiro	2					
	Março	3					
	Abril	4					
	Mai	5					
	Junho	6					
	Julho	7					
	Agosto	8					
	Setembro	9					
	Outubro	10					
	Novembro	11					
	Dezembro	12					
2008	Janeiro	13	15.695,18	12.550,92	3.144,26	9.886.339,51	
	Fevereiro	14	14.375,36	12.857,95	1.517,40	2.302.508,75	
	Março	15	12.800,15	13.131,57	-331,43	109.845,64	
	Abril	16	12.172,04	13.346,45	-1.174,42	1.379.252,45	
	Junho	17	11.387,25	13.614,96	-2.227,71	4.962.691,36	
	Julho	18	11.644,26	13.794,79	-2.150,53	4.624.777,88	
	Setembro	19	12.458,34	13.922,44	-1.464,10	2.143.600,41	
	Outubro	20	14.188,44	14.070,28	118,16	13.962,27	
	Novembro	21	14.499,44	14.260,07	239,36	57.294,89	
	2009	Janeiro	22	13.955,54	14.446,77	-491,23	241.308,88
		Fevereiro	23	14.070,44	14.626,31	-555,87	308.996,98
		Março	24	13.247,18	14.899,45	-1.652,27	2.730.005,21
Abril		25	13.330,91	15.097,70	-1.766,80	3.121.566,68	
Mai		26	14.305,76	15.223,48	-917,73	842.219,85	
Junho		27	14.845,43	15.396,39	-550,97	303.566,27	
Julho		28	15.263,40	15.587,01	-323,61	104.724,73	
Agosto		29	14.695,52	15.777,46	-1.081,95	1.170.613,88	
Setembro		30	15.440,10	15.967,75	-527,65	278.409,66	
Outubro		31	15.776,52	16.168,94	-392,42	153.990,26	
Novembro		32	15.749,04	16.377,55	-628,51	395.021,82	
Dezembro		33	17.144,01	16.505,87	638,14	407.227,10	
Erro Quadrado Médio:						1.692.282,12	
Desvio-padrão:						1.300,88	

A indicação do nível de serviço desejado aos clientes (90%), ou seja, a probabilidade desejada de 90% de não faltar produto, foi informada pela diretoria da empresa.

Aplicando-se a política de encomenda/lote proposta a partir de 2010 para um nível de serviço de 90%, os tamanhos dos lotes de encomenda teriam sido:

Mês	Dezembro de 2009
Saldo em estoque no início do mês	9.347,57
Vendas realizadas	4.481,10
Entradas no mês	7.308,75
Sado em estoque ao final do mês	12.175,22
Soma das previsões para jan/fev/mar/abr 2010	17.369,72
Tamanho do lote a ser encomendado	6.859,62

A encomenda feita ao final de dezembro de 2009 entrará em estoque ao final do mês de fevereiro de 2010, quando nova encomenda deverá ser enviada ao fornecedor estrangeiro. Novamente descrevemos o tamanho do lote calculado: soma da previsão para os meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2010 (conforme Tabela 3.7), subtraída do saldo em estoque ao final do mês de dezembro/09 e somada ao tamanho do estoque de segurança (z de 1,28 multiplicado pelo desvio padrão da Tabela 3.6).

Tabela 3.7 – Soma das previsões de quatro períodos para o ano de 2010

Ano	Mês	Período (t)	Previsão para 1 mês adiante	Previsão para 2 meses adiante	Previsão para 3 meses adiante	Previsão para 4 meses adiante	Soma das previsões para 4 meses
2010	Janeiro	34	4.266,05	4.260,60	4.263,91	4.261,66	
	Fevereiro	35	4.318,06	4.316,97	4.311,49	4.314,82	
	Março	36	4.365,02	4.368,99	4.367,89	4.362,38	
	Abril	37	4.439,28	4.415,92	4.419,91	4.418,81	17.369,72
	Mai	38	4.506,66	4.490,30	4.466,83	4.470,83	
	Junho	39		4.557,76	4.541,32	4.517,73	17.765,50
	Julho	40			4.608,86	4.592,34	
	Agosto	41			4.667,77	4.659,96	18.333,24

Como os navios são bimestrais, durante o mês de janeiro/10, não teremos entradas de material no inventário da empresa, nem novas encomendas. Ao final de fevereiro/10, o mesmo procedimento seria aplicado para a composição de nova encomenda a chegar em abril/2010, conforme demonstrado abaixo:

Mês	Fevereiro de 2010
Saldo em estoque no início do mês	7.854,83
Vendas realizadas	4.120,73
Entradas no mês	6.859,62
Sado em estoque ao final do mês	10.593,73
Soma das previsões para mar/abr/mai/jun 10	17.765,50
Tamanho do lote a ser encomendado	8.836,89

Segue-se a mesma sistemática para o mês de abril/2010, calculando a encomenda do navio que descarregará o produto “A” em junho/2010:

Mês	Abril de 2010
Saldo em estoque no início do mês	5.066,42
Vendas realizadas	5.252,91
Entradas no mês	8.836,89
Sado em estoque ao final do mês	8.650,40
Soma das previsões para mai/jun/jul/ago 10	18.333,24
Tamanho do lote a ser encomendado	11.347,96

Um detalhe acerca das vendas realizadas durante o mês de abril/2010: conforme mostrado acima, as vendas efetivas do distribuidor foram de 5.252,91 toneladas. Contudo, o saldo em estoque no início do mês teria sido de 5.066,42 toneladas caso a política proposta houvesse sido implementada para os lotes encomendados para os primeiros cinco meses do ano de 2010. Isso significa dizer que pelo menos 186,49 toneladas de venda teriam sido perdidas caso o lote que deu entrada em abril/2010 entrasse em estoque (desembaraçado pela aduana) apenas no último dia do mês de abril.

Nos dados reais da empresa, a venda das 5.252,91 toneladas foi possível devido ao nível de estoque mais alto no início de abril/2010 (6.456,80 toneladas). Pela política de estoques, a falta das 186,49 toneladas pode ser explicada pela diferença entre a soma das vendas realizadas nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril/2010 (19.221,33 toneladas) e a previsão das vendas para tais meses (17.369,72 toneladas), ou seja, devido ao erro de previsão positivo de 1.851,61 toneladas.

Para o estudo de caso e cálculo da encomenda do lote que chegará em junho/2010, o saldo que teria ficado em estoque ao final de abril/2010 teria sido de 8.836,89 toneladas e o tamanho do lote ficaria em 11.161,47 toneladas em vez das 11.347,96 toneladas, conforme abaixo:

Mês	Abril de 2010
Saldo em estoque no início do mês	5.066,42
Vendas realizadas	5.066,42
Entradas no mês	8.836,89
Sado em estoque ao final do mês	8.836,89
Soma das previsões para mai/jun/jul/ago 10	18.333,24
Tamanho do lote a ser encomendado	11.161,47

A Tabela 3.8 mostra de forma resumida os saldos iniciais, saídas (vendas), entradas e saldos finais de cada mês ao longo do ano de 2010, caso a política de lotes/encomendas houvesse sido implementada:

Tabela 3.8 – Saldos em 2010 com a implantação da política de lotes

Mês	dez/09	jan/10	fev/10	mar/10	abr/10	mai/10
Saldo inicial	9347,57	12175,22	7854,83	10593,73	5066,42	8836,89
Saídas	4481,10	4320,39	4120,73	5527,31	5066,42	4891,41
Entradas	7308,75	0,00	6859,62	0,00	8836,89	0,00
Saldo final	12175,22	7854,83	10593,73	5066,42	8836,89	3945,48
Previsões *	17369,72		17765,50		18333,24	
Encomenda	6859,62		8836,89		11161,47	

* Soma das Previsões dos próximos 4 meses, conforme Tabela 3.7

A Tabela 3.9 mostra um comparativo entre a política anterior adotada pela empresa e a política proposta. Através do mesmo, podem-se verificar reduções nos níveis de estoque para o período compreendido entre fevereiro (mês de entrada do primeiro lote sob novo cálculo) e maio de 2010, com uma média de 18,03% de redução nos níveis de inventário (com um mínimo de 11,60% e um máximo de 25,65% de redução).

Tabela 3.9 – Comparativo entre políticas de lotes

Realizado		Nova Política de Lotes	
		Nível de Serviço: 90%	
Período	Saldo ao Final do Período	Saldo ao Final do Período	% de Redução
Janeiro de 2010	7.854,83		
Fevereiro de 2010	11.984,11	10.593,73	11,60%
Março de 2010	6.456,80	5.066,42	21,53%
Abril de 2010	10.198,26	8.836,89	13,35%
Maio de 2010	5.306,85	3.945,48	25,65%
Média de redução no nível de inventário:			18,03%

Obviamente, trabalhando-se com um nível de serviço menor (menos conservador), a empresa encontraria níveis de estoques menores e a redução encontrada no nível de inventário seria maior, entretanto, cabe aos gestores da empresa pensar os ganhos com a redução nos níveis de estoque com um nível de serviço menor.

A simulação de uma nova política de encomendas foi realizada para um período de cinco meses, devido aos dados de vendas realizadas disponibilizados pelo distribuidor. Para um período maior, teríamos uma visão mais clara do impacto da nova política para o nível de inventário da empresa ao longo do tempo.

Salientamos, por último, que toda a metodologia proposta e testada acima foi realizada unicamente em base quantitativa. Sugere-se a participação dos gestores da empresa no novo processo de previsão de vendas, de forma a se atingir melhores níveis de previsão, por meio de informações que só podem ser obtidas pelos especialistas, tais como a

existência de novos contratos fechados, a entrada de novos concorrentes no mercado, o impacto da variação cambial e mudanças na política tributária de importação (considerando que a empresa trabalha com produtos 100% importados) nos preços de venda dos produtos.