
Modelo composto para prever demanda através da integração de previsões

LIANE WERNER
JOSÉ LUIS DUARTE RIBEIRO

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Resumo

Realizar previsões de demanda é uma atividade importante na empresa, entretanto, usar uma única técnica para obtê-las pode não ser suficiente para incorporar todo o conhecimento associado ao ambiente de previsão. As formas de integração de previsões incorporam várias técnicas e têm mostrado potencial para reduzir o erro de previsão. Este trabalho apresenta uma modelagem que está estruturada utilizando: combinação de previsões e ajuste baseado na opinião. Os elementos incluídos na modelagem são: dados históricos; econômicos; e de especialistas. Após obter-se a previsão combinada, aplica-se um ajuste para obter a previsão final. O modelo proposto é ilustrado através de uma aplicação.

Palavras-chave

Previsão de demanda, combinação de previsões, ajuste baseado na opinião, opinião de especialistas, integração de previsões.

Composed model to foresee demand through the integration of forecasts

Abstract

Demand forecasting is an important task in the companies, however the use of a single technique to produce forecasts might not be enough to gather all the knowledge associated with the forecast environment. The way to integrate forecasts incorporates various techniques and has show potential to reduce forecast error. This study presents a model that relies on the use of two means of integration: forecast combination and judgmental adjustment. The elements covered by the presented model are: historic data, economic data, and the opinion of experts. After obtaining the combined forecast, an adjustment based on the experts' opinion is applied to attain the final forecast. The model proposed is described in details and illustrated through a practical application.

Key words

Demand forecasting, combination of forecasts, judgmental adjustment, experts opinion, integration of forecasts.

INTRODUÇÃO

A competitividade tem feito com que as empresas, sejam produtoras de bens ou de serviços, busquem novas alternativas, visando à qualidade e à produtividade, para assegurar sua participação nos mercados em que atuam. Não é suficiente uma empresa ter boa imagem, ser reconhecida pela sua qualidade e apresentar custos competitivos, também é fundamental que uma empresa esteja estruturada para dimensionar a quantidade de bens ou serviços que irá produzir, de forma que possa prever e atender à demanda proveniente do mercado consumidor.

Muitos são os métodos de previsão de demanda, contudo, a grande maioria desses métodos analisa as informações utilizando uma única técnica de previsão. Nos tempos atuais, em que é necessário fazer uso de toda e qualquer informação de que se dispõe, uma única técnica pode não ser suficiente. Previsões confiáveis podem exigir a utilização de vários métodos, permitindo abranger a maior quantidade de informações disponíveis.

Conforme Wright *et al.* (1996), entre os pesquisadores que estudam o processo de previsão há um crescente interesse pela interação entre os modelos estatísticos e a opinião dos especialistas. Aparentemente, muitas são as razões para tal crescimento. A mais importante é o desejo de incorporar mais conhecimento, referente ao ambiente de previsão, na própria previsão.

Para Armstrong (2001), a combinação de previsões é mais efetiva quando as previsões combinadas trazem diferentes tipos de informação para o processo de previsão e não estão correlacionadas. Assim, parece interessante combinar previsões provenientes de várias técnicas de previsão. Independentemente do modo como a combinação de previsões será obtida, seu resultado traz um aumento da acurácia sobre as previsões individuais (CLEMEN, 1989).

Os modelos estatísticos certamente são importantes, mas existem também muitas situações nas quais informações subjetivas podem ser igualmente importantes, e agregar essas informações é o melhor caminho. Contudo, por causa da habilidade do julgamento humano para incorporar informações adicionais e detectar mudanças, os especialistas deveriam ajustar previsões.

Sendo assim, a composição entre as formas de integração - combinação de previsões e ajuste baseado na opinião - indica uma maneira de utilizar toda a informação disponível, por isto este trabalho tem como objetivo principal estruturar um método para modelar e prever a demanda a curto prazo, considerando a informação de vários elementos que influenciam o comportamento do mercado. Os elementos a serem incluídos na modelagem são: dados históricos, que indicam o comportamento da demanda em tempos passados; dados econômicos, que podem estar associados ao comportamento

da demanda, e dados de especialistas da área do negócio, que prestam informações que irão compor a previsão da demanda, além de realizarem ajustes na previsão combinada, a fim de obterem a previsão final.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As formas de integração de previsões propostas por Webby & O'Connor (1996) buscam capturar informações de maneiras distintas, sejam elas provenientes de previsões objetivas, obtidas de técnicas quantitativas, ou de previsões subjetivas, obtidas de técnicas qualitativas. Os autores sugerem que técnicas de previsão objetivas e subjetivas devem ser sintetizadas para que haja aproveitamento do benefício proporcionado pelas duas abordagens: a precisão mecânica das técnicas objetivas e as habilidades interpretativas do ser humano.

Pelo fato de serem alvo deste trabalho, as formas de integração - combinação de previsões e ajuste baseado na opinião - serão abordadas a seguir. Para maiores detalhes sobre as demais formas proposta pelos autores, consulte Webby & O'Connor (1996).

Combinação de previsões

De acordo com Goodwin (2002), das formas disponíveis de integração de previsões por opinião com técnicas estatísticas, a mais discutida é a combinação. Segundo Clemen (1989), a combinação é uma abordagem atraente para realizar previsões, visto que, ao invés de tentar escolher a melhor técnica, formula-se o problema perguntando que técnicas poderiam ajudar na melhoria da acurácia. Como as previsões podem ser afetadas por diversos fatores, cada técnica pode contribuir capturando algum tipo de informação que influencia esses fatores.

A combinação de técnicas objetivas e subjetivas pode ser descrita como mostra a Figura 1. Primeiramente, gera-se, com base em dados históricos, um modelo; após, uma previsão objetiva. Paralelamente, realiza-se uma análise subjetiva dos dados históricos, agregando informações contextuais, de onde se obtém uma previsão subjetiva. Estas previsões são, então, combinadas, gerando a previsão final, com base em informações contextuais (WEBBY & O'CONNOR, 1996).

Há muitos estudos sobre combinação de previsões propostos na literatura. Para fazer uso da combinação e poder capturar os fatores que afetam as previsões, é preciso saber quais técnicas utilizar e como combiná-las. Flores & White (1988) propõem uma estrutura que visa atender a esses fins, estabelecendo, respectivamente, duas dimensões: (i) seleção das técnicas de previsão-base e (ii) seleção do método de combinação.

A primeira dimensão, “seleção das técnicas de previsão-base”, preocupa-se com quais previsões incluir na combinação e está ligada à tarefa de selecionar as técnicas que irão participar da combinação. A tarefa de escolher a mais apropriada das previsões pode ser muito difícil, pois a seleção da técnica depende de cinco fatores: acurácia, horizonte, custos, complexidade e dados disponíveis.

As previsões-base são classificadas, conforme Flores & White (1988), em três categorias: objetivas, subjetivas ou através da utilização de ambas (objetivas e subjetivas). A categoria objetiva engloba regressão, modelos Box-Jenkins e outros procedimentos com base matemática. A categoria subjetiva inclui todas as abordagens que envolvem o julgamento humano, tal como grupo focado ou opinião de especialistas.

A segunda dimensão se preocupa com como as técnicas devem ser combinadas. Tal preocupação é alvo de estudo há muito tempo. De acordo com Clemen (1989), alguns métodos têm sido desenvolvidos para encontrar a melhor combinação, e o resultado tem sido unânime: combinar previsões conduz ao aumento de acurácia da previsão (combinada) em relação a qualquer previsão individual. A dimensão dos métodos de combinação envolve uma abordagem objetiva ou subjetiva. A abordagem objetiva reflete os métodos que fazem uso da matemática, de forma que os resultados possam ser repetidos. A abordagem subjetiva inclui esforços intuitivos para combinar previsões-base, empregando conhecimento e opinião individual ou de grupo.

Para combinações que utilizam métodos objetivos de combinação, o estudo de Bates & Granger (1969) é considerado o artigo seminal. Neste estudo os autores propuseram

que o método de combinar as previsões deveria constar de uma combinação linear de duas previsões objetivas não-viciadas (ou devidamente corrigidas), dando peso w para a primeira e peso $(1-w)$ para a segunda. A equação (1) fornece a combinação F_c .

$$F_c = wF_1 + (1 - w)F_2 \quad (1)$$

onde: w é o peso da previsão 1 e F_1 e F_2 são as previsões a serem combinadas.

Os pesos a serem atribuídos a cada previsão poderiam ser iguais; contudo, para esses autores, é desejável dar um peso maior para a previsão que possui os menores erros. Assim, visando encontrar o valor do peso w , propuseram a minimização da variância dos erros da previsão combinada. A variância da previsão combinada é dada pela equação (2).

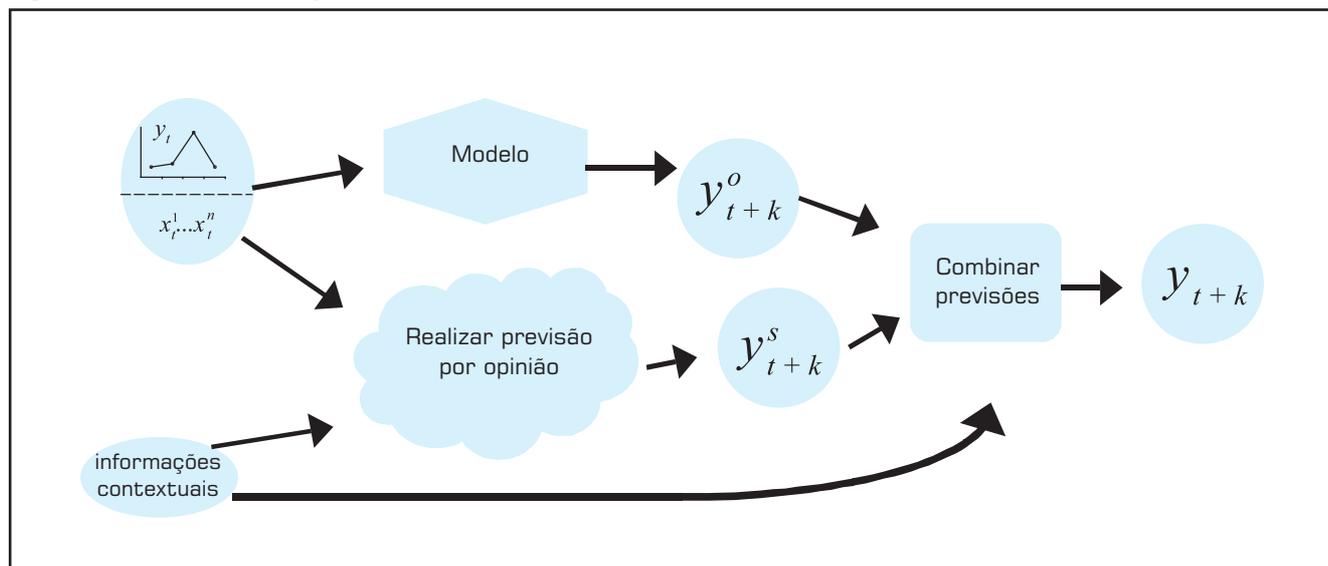
$$\sigma_c^2 = w^2\sigma_1^2 + (1 - w)^2\sigma_2^2 + 2\rho.w\sigma_1(1 - w)\sigma_2 \quad (2)$$

onde: σ_1^2 e σ_2^2 são as variâncias dos erros das previsão a serem combinadas; ρ é o coeficiente de correlação entre os erros das previsões; w é o peso dado à previsão 1.

Para minimizar a variância σ_c^2 , procede-se à diferenciação da equação (2) com relação a w e iguala-se o resultado a zero. Assim, o mínimo de σ_c^2 ocorre quando w assume o valor dado pela equação (3). Por minimizar a variância, esse método ficou conhecido como método da variância mínima.

$$w = \frac{\sigma_2^2 - \rho\sigma_1\sigma_2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho\sigma_1\sigma_2} \quad (3)$$

Figura 1: Combinação de previsões.



Fonte: Webby & O'Connor, 1996.

Para o caso em que os erros não estão correlacionados ($\rho = 0$), w fica reduzido ao valor dado pela equação (4).

$$w = \frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} \quad (4)$$

Como as variâncias dos erros de previsão não são conhecidas, para calcular o peso w , Bates & Granger (1969) propuseram cinco procedimentos de estimação, tendo como base os erros de previsão. Newbold & Granger (1974) ampliaram o número de técnicas combinadas, mantendo todas as suposições de Bates & Granger (1969), passando de duas para p técnicas combinadas.

Winkler & Makridakis (1983) também analisaram combinações ponderadas entre dez técnicas de previsão, e os resultados obtidos confirmaram as conclusões de Newbold & Granger (1974). Tais resultados consistem na comparação do MAPE (*Mean Absolute Percentual Error*) médio de 1001 séries temporais, o que lhes permitiu concluir ser melhor ignorar os efeitos da correlação no cálculo de combinações ponderadas.

Técnicas de previsão objetivas e subjetivas devem ser sintetizadas para que haja aproveitamento do benefício proporcionado pelas duas abordagens.

Granger & Ramanathan (1984) chamaram a atenção para o fato de que os métodos convencionais de combinação de previsões poderiam ser vistos como uma forma estruturada de regressão. Eles argumentam que os métodos são equivalentes ao Método de Mínimo Quadrados Ordinários (MQO), tendo a previsão combinada como variável resposta e as previsões individuais como variáveis explicativas.

Para Makridakis & Winkler (1983), utilizar a média das previsões é indubitavelmente melhor que usar um “mau” modelo, uma vez que os resultados registrados pelos autores sugerem que o uso de média das previsões traz consideráveis benefícios práticos em termos de melhoria da acurácia de previsão e de diminuição da sua variabilidade. Quando não há informações sobre a dependência entre as previsões, ou quando não há informações disponíveis sobre a precisão de cada técnica de previsão, parece ser razoável utilizar a média das previsões (CLEMEN & WINKLER, 1986). Para Menezes *et al.* (2000), uma possível resposta para o sucesso da média aritmética pode estar associada à instabilidade dos pesos que, freqüentemente, resultam de mudanças não-sistemáticas que ocorrem ao longo do tempo na matriz de cova-

riância dos erros das previsões individuais. Devido a estas circunstâncias, a média, embora não tenha pesos ótimos, pode dar origem a resultados melhores que os de métodos mais sofisticados.

De acordo com Flores & White (1988), os primeiros esforços foram feitos para combinar objetivamente previsões com base objetiva, tais como as propostas apresentadas anteriormente. Ainda segundo os autores, tem-se a combinação objetiva utilizando previsões com base subjetiva, sendo que a maioria dos estudos tem enfoque bayesiano.

A terceira forma de combinar previsões objetivamente é através da utilização de previsões-base subjetivas e objetivas na mesma combinação. Um estudo com resultados importantes nesta classe é o estudo de Sanders e Ritzman (1995). Eles combinaram, usando a média, três técnicas objetivas para compor a previsão objetiva e duas previsões subjetivas, uma com especialistas e outra com estudantes. Os autores concluíram que a necessidade de inclusão da opinião é função da variabilidade da série temporal. Para séries estáveis, a inclusão de opinião não melhora significativamente a acurácia, sendo, portanto, a previsão objetiva a melhor

escolha. Para séries que apresentam variabilidade moderada ou alta, a inclusão da opinião fornece uma melhora significativa na acurácia. Por fim, para séries com alta variabilidade, a utilização individual de previsões subjetivas, provenientes de especialistas, pode ser a melhor alternativa. Também nesta categoria, um estudo brasileiro foi realizado por Pereira *et al.* (1989) que combinaram previsões de operadores do mercado financeiro e uma previsão objetiva obtida do método conhecido como Filtro Adaptativo, para a operação financeira conhecida como *overnight*. Entre as conclusões obtidas pelos autores, uma é de que essa maneira de previsão, utilizada diariamente durante quatro anos, apresentou os melhores resultados, em termos da média dos erros absolutos, ao ser comparada à previsão obtida pelo operador mais experiente, pelo método do filtro adaptativo, pelo melhor operador e filtro adaptativo ou pelas combinações de dois a p operadores.

Para combinações que utilizam métodos subjetivos de combinação, utiliza-se a intuição e o conhecimento adquirido, dificilmente o procedimento que forma a combinação pode ser repetido. Por isso, combinar subjetivamente previsões-base objetivas ou subjetivas é uma alternativa relativamente inexplorada.

Uma vez que, em geral, o desempenho da combinação é medido pela acurácia, combinar previsões, para Armstrong (2001), aumenta a acurácia, na medida em que as componentes da combinação contêm informações úteis e mais independentes. O ideal é que os erros de previsão sejam negativamente correlacionados, de forma que um possa cancelar

o outro, mas isto, na prática, é raro. Todavia, previsões quase sempre apresentam correlação positiva forte, mas, para esse autor, existem duas maneiras de gerar previsões independentes: uma é fazer uso de previsões que empregam diferentes informações para compor as previsões com a mesma técnica e outra é utilizar técnicas diferentes, pois analisam os dados de diferentes formas. Além disso, a previsão combinada deve ser usada quando mais de uma técnica razoável está disponível e quando existe incerteza sobre a situação e a seleção da melhor técnica.

A literatura indica que não há uma aceitação geral de que, em qualquer situação, métodos de combinação sofisticados são melhores que os métodos simples, tal como a média das previsões individuais, pois muitas vezes os métodos simples apresentam desempenho tão bom quanto os mais sofisticados (CHAN *et al.*, 1999). Encontrar a melhor combinação a ser utilizada varia de situação para situação, assim, é necessário manter a flexibilidade. Além disso, para Clemen (1989), como as combinações de previsões têm se mostrado práticas, econômicas e úteis nas mais variadas situações, como por exemplo no estudo realizado por Marques & Issler (2005), o desafio não é justificar esta metodologia, mas, sim, encontrar maneiras fáceis e eficientes de implementá-la.

Ajuste baseado na opinião

O ajuste baseado na opinião era considerado como uma forma de combinação (SANDERS, 1992), contudo este conceito mudou. Atualmente, o ajuste baseado na opinião é considerado uma forma de integrar previsões (ARMSTRONG & COLLOPY, 1998 e SANDERS & RITZMAN, 2001). Para Webby & O'Connor (1996), em termos de uso, o ajuste baseado na opinião parece ser a principal alternativa para competir com o método de combinação na tarefa de integrar previsões objetivas e subjetivas. No entanto, neste artigo, estas formas serão utilizadas de modo complementar,

para que contribuam com o aumento da acurácia da previsão final.

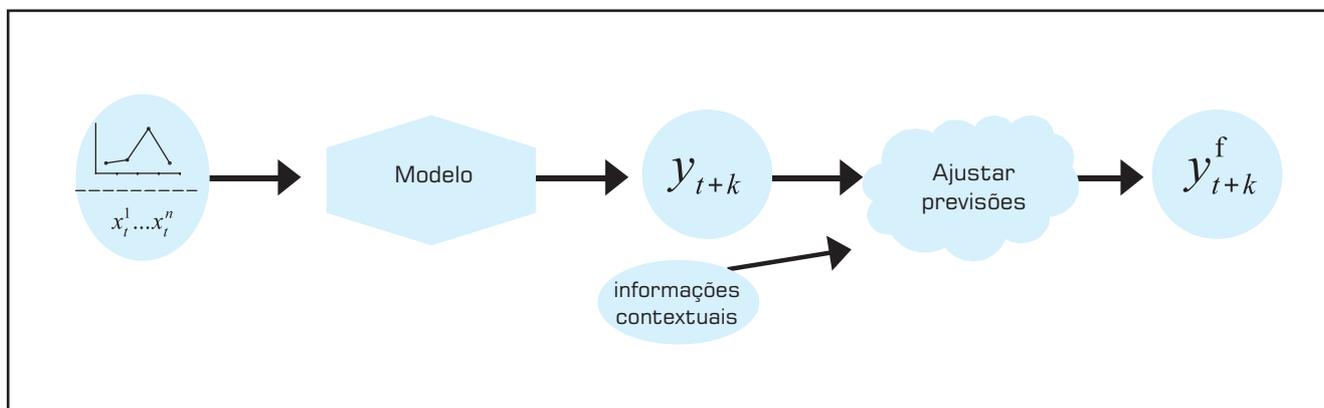
Como pode ser observado na Figura 2, o ajuste baseado na opinião consiste na geração de um modelo baseado em dados históricos, o qual irá fornecer uma previsão. Após, realiza-se um ajuste, agregando informações contextuais, de onde se obtém a previsão ajustada. Porém, é preciso ter cuidado com a acurácia da previsão inicial, uma vez que a eficácia do ajuste irá depender desta previsão (WEBBY & O'CONNOR, 1996).

De acordo com Bunn & Salo (1996), uma das razões mais comuns para ajustar previsões parece ser a necessidade de contemplar informações de variáveis explanatórias não incluídas na estimação do modelo escolhido. Já Armstrong & Collopy (1998) consideram que a acurácia da previsão pode ser melhorada através do ajuste baseado na opinião, desde que o previsor seja hábil para identificar padrões que não são capturados pelas técnicas usadas na obtenção da previsão inicial. Apesar de existirem muitas razões para realizar ajustes baseados na opinião, é preciso cautela na sua utilização.

O ajuste baseado na opinião pode conduzir a um baixo desempenho das previsões, piorando a acurácia devido ao viés inerente à tomada de decisão humana (SANDERS & RITZMAN, 2001). Quando o julgamento é utilizado para prever padrões de séries temporais, as pessoas tendem a superestimar a quantia de crescimento ou a diminuir o que realmente está ocorrendo na série. Também tendem a identificar padrões sistemáticos em padrões aleatórios e, possivelmente, como consequência disto, tendem a exagerar nas previsões mais recentes (GOODWIN, 2000).

As situações descritas anteriormente consistem em alguns tipos de viés que a tomada de decisão humana pode ocasionar. As previsões com viés, por sua vez, podem conduzir a vários problemas, tais como: perda de pedidos; prestação de

Figura 2: Ajuste baseado na opinião.



Fonte: Webby & O'Connor, 1996

serviço inadequado e recursos organizacionais mal utilizados. Entre os vários tipos de viés tem-se: (i) Inconsistência: falta de habilidade para aplicar o mesmo critério de decisão em situações similares; (ii) Ancoramento: tendência dos previsores serem influenciados por alguma informação inicial (âncora); (iii) Conservadorismo: trata-se da suposição de que a variável em estudo poderá continuar se comportando da mesma forma como se comportou no passado; (iv) Otimismo: um estado da mente que motiva um respondente a prever que eventos favoráveis são mais prováveis de ocorrer do que seria justificado pelos fatos; (v) Correlação Ilusória: crença em padrões que evidenciam a relação entre duas variáveis, quando, na realidade, esta relação não existe.

Uma modelagem para realizar previsões de demanda que aborda diversos contextos, visando encontrar previsões de curto prazo mais acuradas.

Para evitar a inclusão de algum tipo de viés na previsão, é preciso seguir alguns princípios. O uso de conhecimento acumulado – que consiste no conhecimento prático obtido através da experiência, usando informações específicas disponíveis no ambiente de previsão (informações contextuais), aliado a algum método de estruturação de ajuste, são princípios vantajosos, que podem aumentar a acurácia das previsões (SANDERS & RITZMAN, 2001; ARMSTRONG & COLLOPY, 1998).

Uso de conhecimento acumulado

Alguns estudos revelam que ajustes baseados na opinião, realizados por pessoas que não possuem domínio do conhecimento envolvido, levam à deterioração da acurácia. Um destes estudos é o de Sanders (1992). A autora utilizou séries simuladas para controlar o experimento que foi realizado com alunos de graduação. Os resultados mostraram que, para séries com baixa variabilidade, o ajuste trouxe alguns ganhos na acurácia. Para séries com alta variabilidade, o ajuste teve desempenho pior que os modelos estatísticos e, na maioria dos casos, o viés aumentou.

O estudo acima citado foi realizado com previsores que não possuíam domínio do conhecimento referente ao assunto a ser previsto, indicando que a falta de conhecimento prejudica a acurácia quando se realiza um ajuste.

Para Webby & O'Connor (1996) é esperado, *a priori*, que o ajuste seja benéfico, pois quem o realiza dentro do contexto estudado pode contribuir com informações que o modelo não agrega à previsão. Além disso, nos estudos em

que especialistas realizam previsões em seus contextos de vivência diária, possuindo familiaridade com as variáveis envolvidas, o processo de ajuste é tido como a 'melhor prática' (BUNN & WRIGHT, 1991).

Nesta linha de pensamento, Sanders & Ritzman (2001) consideram que o ajuste baseado na opinião é apropriado para melhorar a acurácia quando é feito por pessoas que dominam o conhecimento. Domínio do conhecimento consiste no conhecimento prático obtido através da experiência, usando informações contextuais. Além disso, se informações contextuais, que são informações específicas disponíveis no ambiente de previsão, não estão contidas no modelo estatístico de previsão, a informação pode ser incorporada através do ajuste.

Um exemplo interessante de como o uso de conhecimento é vital no processo de previsão é dado por Makridakis *et al.* (1998). Os autores descrevem a previsão de demanda anual de impressoras a *laser*, utilizando a série mensal de 1992 a 1998 de determinada empresa, que possui uma leve tendência crescente. Em um primeiro momento, sem informações adicionais, previsões (estatísticas ou de opinião) para os próximos cinco anos provavelmente iriam seguir a tendência de crescimento. Entretanto, no caso da indústria de computadores pessoais, onde o ciclo de vida dos produtos raramente excede sete anos, certamente os previsores da empresa iriam traçar uma curva em declínio, pois neste contexto o domínio do conhecimento é fundamental para realizar uma boa previsão.

Métodos de ajuste

O fato de as pessoas serem limitadas para considerar processos com grande quantidade de informações é uma das desvantagens da opinião humana. Assim, ao realizar um ajuste baseado na opinião, é importante utilizar alguma estrutura (SANDERS & RITZMAN, 2001). Algumas pesquisas empíricas sobre os métodos de ajuste baseados na opinião foram realizadas, utilizando decomposição de séries temporais, métodos gráficos ou o método de Theil. Além disso, um método muito conhecido, o processo hierárquico analítico, também foi utilizado como estrutura para realizar ajustes baseados na opinião.

Conforme Flores *et al.* (1992), o processo hierárquico analítico oferece uma abordagem formalizada para ajustar previsões, porém exige muito tempo para obter os pesos e realizar os ajustes. Por isso, os autores analisaram o método centróide, que assim como o AHP compara alternativas competitivas, porém, para o experimento realizado, as diferenças encontradas não foram relevantes o suficiente para afetar a acurácia da previsão.

Para Webby & O'Connor (1996), o ajuste baseado na opinião é, talvez, a forma mais fácil de ser utilizada, apre-

sentando o melhor custo/benefício, havendo, porém, a possibilidade de introdução de vies. Concluem, ainda, que a combinação de previsões é uma abordagem prática e simples que, geralmente, melhora a acurácia. Porém, para esses autores, os tipos de integração não são mutuamente exclusivos, podendo interagir entre si. Desta forma, no próximo item será estruturado e avaliado um modelo composto que tem como base a interação entre a combinação de previsões e o ajuste baseado na opinião.

MODELO COMPOSTO DE PREVISÃO

O modelo composto para realizar previsão de demanda foi desenvolvido com o intuito de obter previsões melhores. As formas de integração de previsões têm mostrado potencial para reduzir os erros. Logo, a construção de um modelo que incorpore duas destas formas – a combinação de previsões e o ajuste baseado na opinião – pode conduzir a uma previsão mais acurada, conforme relatos na literatura pesquisada.

A estrutura básica do modelo composto de previsão contempla a interação entre as formas de integração, conforme proposto por Webby & O'Connor (1996). Contudo, esses autores sugerem apenas a reunião destas duas formas de integração de previsões, sugerindo o uso de uma estrutura muito simples para lidar com as complexidades observadas em casos reais. Tal fato gerou a necessidade de detalhar esta sugestão através de um modelo mais completo, que permita incorporar mais informações ao processo de previsão, bem como às tomadas de decisões inerentes a este processo. Sendo assim, o modelo é formado pela combinação de três previsões individuais. Essas previsões individuais, baseadas em informações de dados históricos, de dados econômicos e na opinião de especialistas, são reunidas de maneira a permitir a obtenção de uma previsão intermediária. A previsão intermediária, por sua vez, é ajustada para formar a previsão final.

O modelo composto, ilustrado na Figura 3, está estruturado em seis etapas: (i) Verificação da existência de dados e de especialistas; (ii) Obtenção das previsões individuais; (iii) Cálculo dos pesos das previsões individuais; (iv) Obtenção da previsão combinada; (v) Verificação da necessidade de fazer ajuste; (vi) Obtenção da previsão final.

Etapa 1 — Verificação da existência de dados e de especialistas

Esta etapa consiste em verificar a disponibilidade dos dados que permitirão a construção de modelos estatísticos, econométricos e qualitativos. Para a construção do modelo estatístico, será necessário que se disponha de dados históricos em relação à variável em estudo, nesse caso, a demanda.

Para o modelo econométrico, será preciso dispor de variáveis socioeconômicas que descrevam o comportamento da demanda. Por fim, para a obtenção do modelo qualitativo, será necessário verificar a disponibilidade de especialistas na área de negócio em que se realiza a previsão de demanda.

Uma vez que os dados necessários estejam disponíveis para a modelagem estatística e econométrica, e que tenha sido confirmada a existência de especialistas na área de negócio que possam ser consultados, inicia-se a etapa 2. No caso da indisponibilidade de dados para construir o modelo estatístico ou econométrico ou, então, na falta de especialistas e, conseqüentemente, de suas opiniões, a previsão individual em questão não irá compor a previsão combinada. Sendo que são necessárias no mínimo duas previsões para que se possa utilizar o modelo.

Etapa 2 — Obtenção das previsões individuais

Esta etapa contempla a escolha dos melhores modelos de cada caso. Para o modelo estatístico, o primeiro passo desta fase é coletar uma grande quantidade de dados retratando a demanda no passado. Nesta proposta para modelar os dados, será utilizada a metodologia de Box-Jenkins, por tratar-se de uma metodologia amplamente consolidada na literatura, com tendência a produzir previsões mais acuradas quando comparadas a outras técnicas univariadas de previsão de séries temporais (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998).

O desenvolvimento da modelagem contemplou a utilização de duas formas de integração de previsões.

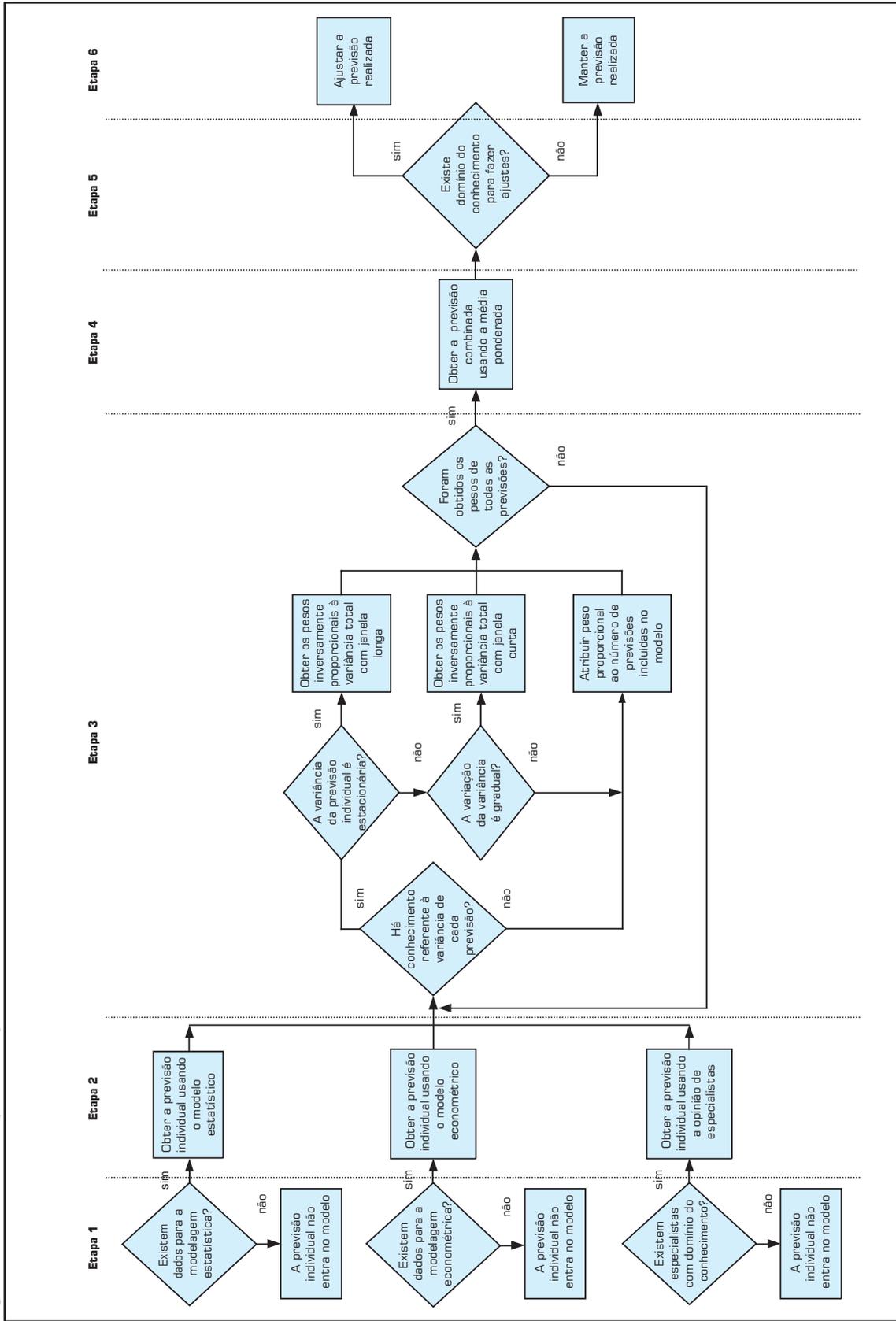
Para o modelo econométrico é preciso, após conhecer as variáveis econômicas que explicam o comportamento da demanda, escolher uma técnica que auxilie na modelagem deste tipo de dado. Neste trabalho será usada a análise de regressão.

Para a obtenção da previsão individual utilizando opinião de especialistas, serão coletadas informações através de entrevistas individuais, subsidiando-se os especialistas com dados históricos e dados das variáveis socioeconômicas. O modelo para tratar a opinião dos especialistas resultará da média simples entre a opinião dos vários especialistas consultados.

Etapa 3 — Cálculo dos pesos das previsões individuais

A previsão combinada será obtida conforme a idéia sugerida por Bates & Granger (1969), em que os pesos obtidos são inversamente proporcionais às variâncias das previsões

Figura 3: Modelo composto de previsão.



individuais. Assim, nesta etapa, primeiramente é questionado se há conhecimento prévio referente à variância dos erros de cada previsão individual (estatística, econométrica e baseada na opinião de especialistas). Para tal questionamento, existem duas possibilidades: (i) variâncias são conhecidas e (ii) variâncias não são conhecidas.

Para a situação (i), quando há conhecimento prévio das variâncias dos erros, é verificado se as variâncias da previsão individual são estacionárias ao longo do tempo. Para analisar a estacionariedade das variâncias sugere-se a utilização de gráfico de controle de médias móveis, como ilustrado na Figura 4.

Quando as médias estão sob controle e apresentam um padrão aleatório, o gráfico indica que a série é estacionária. Neste caso, as variâncias e, por consequência, os pesos podem ser estimados por uma janela temporal longa (maior que 12 meses). Por outro lado, se a variância da previsão individual em análise apresentar problemas de estacionariedade, verifica-se o tipo de não-estacionariedade apresentada: gradual ou errática.

A verificação do tipo de não-estacionariedade pode ser realizada através da busca por padrões de comportamento no gráfico de controle; um crescimento ao longo do tempo, como o destacado na Figura 4, indica que a variância não é estacionária. Contudo, será possível prever o seu comportamento, uma vez que as mudanças são graduais e a estimativa da variância da previsão será previsível, sendo então o peso obtido utilizando informações de uma janela temporal relativamente curta. Nas situações em que é possível estimar as variâncias (estacionária ou gradual), os pesos podem ser obtidos conforme a equação (5).

$$w_i = \frac{1/\sigma_i^2}{1/\sigma_{est}^2 + 1/\sigma_{eco}^2 + 1/\sigma_{esp}^2} \quad (5)$$

onde: σ_i^2 é a variância para $i = \{est, eco, esp\}$; σ_{est}^2 é a variância para a previsão estatística; σ_{eco}^2 é a variância para previsão econométrica e σ_{esp}^2 é a variância para a previsão baseada na opinião de especialistas.

Se, porém, o gráfico de controle apresentar pontos além dos limites, isso implica um comportamento errático, indicando a não-estacionariedade da variância e a impossibilidade de prever seu comportamento. Nesta situação, o peso da respectiva previsão deve ser atribuído em $1/p$ – sendo que p é o número de previsões que estão incluídas no processo de obtenção da previsão combinada – para a previsão em questão. Na medida em que se espera que três previsões estejam sendo feitas, é razoável atribuir o peso de 33,3% para a previsão cuja variância não pode ser estimada.

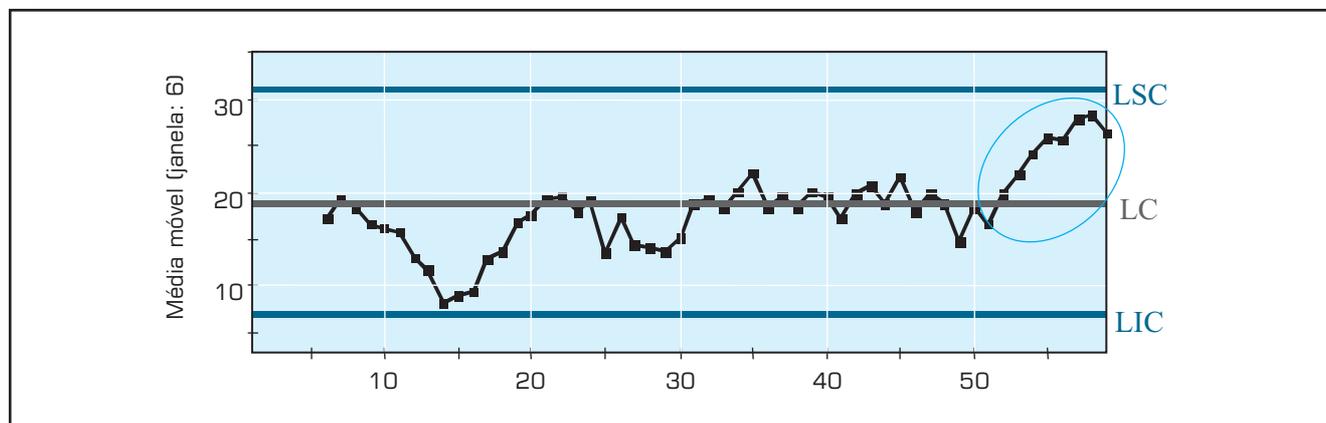
Para a situação (ii), quando não há conhecimento referente às variâncias dos erros de previsão (em geral, existe uma maior dificuldade em obter os erros de previsões subjetivas do que os de modelos estatísticos ou econométricos e, como consequência, sua variância), a proposta prevê atribuição de peso $1/p$ – sendo que p é o número de previsões que estão incluídas no processo de obtenção da previsão combinada – para a previsão em questão.

Etapa 4 — Obtenção da previsão combinada

Como pode ser visto, a proposta incorpora a combinação de previsões, defendida por muitos autores (CLEMEN, 1989; WEBBY & O'CONNOR, 1996; GOODWIN, 2002). Além disso, a proposta prevê o uso de previsões que possuem maior chance de ser independentes, uma vez que utilizam fontes de dados distintas (o modelo estatístico é baseado em dados históricos; o modelo econométrico utiliza indicadores socioeconômicos e a opinião de especialistas é influenciada por eventos que podem ocorrer no futuro).

O método de combinação a ser usado é o proposto por Bates & Granger (1969), primeiramente, pelo fato deste método apresentar a facilidade de interpretação dos pesos.

Figura 4: Gráfico de controle com comportamento não-estacionário: padrão de crescimento temporário.



Como os pesos somam 1, cada peso representa a importância relativa da previsão à qual está associado. Além disso, este método propõe, conforme a equação (5), o uso das variâncias dos erros das previsões individuais para o cálculo dos pesos, não sendo necessário utilizar técnicas estatísticas mais elaboradas para obtê-los, como, por exemplo, a análise de regressão, proposta nos métodos abordados por Granger & Ramanathan (1984).

De posse dos valores dos pesos de cada previsão individual, obtidos na etapa anterior, procede-se com o cálculo da previsão combinada, conforme a equação (6).

$$F_c = w_{est}F_{est} + w_{eco}F_{eco} + w_{esp}F_{esp} \quad (6)$$

onde: F_{est} é a previsão estatística e w_{est} é o peso atribuído à previsão estatística; F_{eco} é a previsão econométrica e w_{eco} é o peso atribuído à previsão econométrica; F_{esp} é a previsão baseada na opinião de especialistas e w_{esp} é o peso atribuído à previsão baseada na opinião de especialistas, sendo que $\sum_i w_i = 1$ para $i = \{est, eco, esp\}$.

Etapa 5 — Verificação da necessidade de fazer ajuste

Esta etapa é subjetiva. De posse da previsão combinada, verifica-se a existência de especialistas, preferencialmente dentro da empresa, que possuam conhecimento específico para ajustar a previsão e, assim, torná-la mais acurada. É importante ressaltar, todavia, que nesta proposta já existe a contribuição de especialistas nas previsões individuais. Assim, nesta etapa, faz-se necessário identificar especialistas que possam refinar a previsão já obtida. Em geral, especialistas que conhecem aspectos relativos ao comportamento do mercado, da área de negócio ou dos clientes da empresa são aqueles que podem colaborar durante a realização do ajuste da previsão combinada.

Etapa 6 — Obtenção da previsão final

A última etapa fornece a previsão final. Quando não houver conhecimento dos especialistas de maneira a permitir os ajustes para refinar a previsão combinada, ela poderá, então, ser mantida. Por outro lado, quando os especialistas possuem o domínio do conhecimento, permitindo fazer ajustes, é necessário utilizar algum método estruturado para aprimorar a acurácia da previsão combinada (SANDERS & RITZMAN, 2001).

Caso existam especialistas disponíveis para realizar o ajuste, o próximo passo é estabelecer a estrutura que será utilizada para realizá-lo, para após, efetivamente, fazer o ajuste. A utilização de uma estrutura de ajuste visa minimizar a introdução de viés, inerente à tomada de decisão humana (WEBBY & O'CONNOR, 1996).

Vários autores abordaram este tópico buscando apresen-

tar métodos que melhorem a acurácia das previsões (WOLFE, 1988; FLORES *et al.*, 1992; GOODWIN, 1997). Contudo, a melhor forma de realizar o ajuste é um assunto pouco aprofundado. Sendo assim, dentro do modelo proposto será apresentada uma estrutura para ajustar previsões com base na opinião de especialistas.

Passo 1: Estabelecer o percentual máximo e mínimo de ajuste

A estrutura a ser apresentada inicia-se solicitando aos especialistas que estabeleçam um percentual máximo e um percentual mínimo através dos quais a previsão pode ser ajustada, considerando o contexto global da empresa ao longo de sua história. Se a previsão de demanda combinada for ajustada em um percentual que, por exemplo, exceda a capacidade produtiva da empresa, então o ajuste não irá retratar a realidade e, por consequência, não estará sendo efetivo. Por isso, a delimitação deste intervalo é necessária, para que não se criem situações em que o ajuste foge da realidade. O ajuste será realizado com base no percentual médio obtido entre todos os especialistas.

Passo 2: Montar a listagem dos fatores

Solicita-se aos especialistas que descrevam fatores que podem influenciar o comportamento da demanda. Após, com a listagem obtida de cada especialista, se estabelece uma lista única de fatores considerados influentes. Essa lista é formada a partir das prioridades atribuídas pelos próprios especialistas. Em geral, os fatores estabelecidos pelos especialistas são descritos de forma distinta (diferenças semânticas), e precisam ser trabalhados para a elaboração de uma lista única, sem redundâncias.

Passo 3: Mensurar o impacto de cada um dos fatores identificados

Os especialistas atribuem pesos para os fatores, visando identificar a sua possível influência sobre a demanda (pequena, média, grande). A escala de importância sugerida é similar àquela utilizada por Saaty (1991) na aplicação do método AHP. Se o fator i é muito fracamente importante, então se atribui grau 1; se for fracamente importante, então se atribui grau 3; se for moderadamente importante, atribui-se grau 5; se for muito importante, atribui-se grau 7; e, se for absolutamente importante, atribui-se grau 9, graus intermediários podem ser utilizados. Atribuídos os pesos, os mesmos devem ser normalizados (o peso do fator i dividido pela soma de todos os pesos) de forma que a sua soma resulte igual a 1.

Passo 4: Mensurar a opinião dos especialistas

Este passo consiste em cada especialista informar sua opinião com relação a cada fator, considerando a situação em que ele se apresenta e como pode influenciar a demanda para o próximo período. Utilizando uma escala que varia entre -1 e +1, o especialista atribui um valor desta escala para cada fator. Se, por exemplo, na opinião do especialista, a

situação do fator em um respectivo mês favorece o aumento da demanda, ele indicará um valor positivo; se sua situação for muito favorável (aumento da demanda), este valor estará próximo de 1.

Passo 5: Calcular as médias ponderadas

Uma vez que cada especialista emitiu sua opinião referente ao peso de cada fator e a sua situação atual, procede-se à obtenção da média ponderada de cada especialista. A média ponderada é obtida ao somar o produto dos pesos normalizados com a opinião, para todos os fatores. Esta média ponderada irá resultar em um valor no intervalo [-1; +1].

Passo 6: Calcular o ajuste percentual

As médias ponderadas devem ser então multiplicadas pelo percentual mínimo médio ou então pelo percentual máximo médio, indicados no primeiro passo deste procedimento. O resultado deve ser convertido em percentual. O valor convertido representa o ajuste percentual que o especialista considera que deve ser aplicado à previsão combinada, o qual pode ser positivo ou negativo. Após o percentual de ajuste ter sido estabelecido para cada especialista, calcula-se a média aritmética dos percentuais de ajuste de todos os especialistas, obtendo-se o percentual de ajuste médio.

Passo 7: Calcular a previsão final

Para proceder com o ajuste da previsão combinada, adiciona-se o valor 1 ao percentual de ajuste médio e, ao multiplicar o valor desta soma pela previsão combinada, será obtida a previsão final.

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Este exemplo apresenta uma aplicação do modelo composto aos dados de demanda de uma empresa prestadora de serviços na área de assistência técnica de computadores pessoais, mais especificamente, na manutenção de equipamentos de informática. O exemplo foi realizado nesta empresa, pois esta possuía a necessidade de melhorar suas previsões, visto que sua demanda apresenta alta variabilidade.

A empresa, de pequeno porte, atua atendendo a três tipos diferenciados de clientes: clientes que assinam contratos de manutenção, em geral pessoas jurídicas; clientes que trazem o equipamento para manutenção durante o período de garantia do mesmo; e clientes avulsos, em geral pessoas físicas. Neste trabalho, o modelo proposto será utilizado somente para prever a demanda dos clientes do tipo avulsos, apenas para o próximo período.

Etapa 1 — Verificação da existência de dados e de especialistas

Os dados necessários para a modelagem utilizando a metodologia de *Box-Jenkins* encontram-se disponibilizados no sistema que controla o número de atendimentos realizados a clientes pela empresa. Foram reunidos dados históricos

do número de atendimentos (demanda) de clientes do tipo avulsos em um período de cinco anos (60 meses).

Para o modelo econométrico, será preciso dispor, além dos dados de demanda, de dados socioeconômicos que descrevam o comportamento do número de atendimentos. Sob o enfoque econômico, a demanda é função do preço do bem ou do serviço, do preço de outros bens ou serviços concorrentes ou complementares e da renda do consumidor. Como nem todas as variáveis consideradas pela teoria econômica para prever a demanda estavam disponíveis para o estudo em questão, optou-se por prever o número de atendimentos através de indicadores econômicos. Os indicadores econômicos apontados pelos especialistas substituirão as variáveis designadas pela teoria econômica, sendo considerados: o preço praticado pela empresa; o dólar (americano), para representar o preço de bens de concorrentes ou complementares; e, por fim, o PIB, para representar o comportamento da renda do consumidor.

Por fim são selecionados os especialistas que possuem domínio do conhecimento, os quais, depois de subsidiados por dados históricos, geram a previsão de demanda. Apesar da literatura recomendar de cinco a vinte especialistas, neste caso apenas três especialistas foram consultados. Tal situação se deve ao fato de que o mercado analisado é altamente competitivo e especialistas externos à empresa mostraram-se desfavoráveis a fornecer informações que podem ser vitais, no seu entender. Já na empresa, os demais especialistas que poderiam colaborar foram preservados a fim de contribuir no ajuste da previsão final. O primeiro especialista consultado é um representante da empresa, que a conhece muito bem, pois é responsável pela previsão de demanda. O segundo especialista consultado é o responsável pelo setor de manutenção, que conhece o comportamento dos clientes e as suas demandas. O terceiro especialista conhece procedimentos de previsão e é da área do negócio de computadores pessoais.

Etapa 2 — Obtenção das previsões individuais

Para obter a previsão de demanda através da metodologia *Box-Jenkins*, foram seguidas as quatro etapas do método: (i) identificação; (ii) estimação; (iii) verificação; (iv) previsão. O modelo obtido para os dados de demanda foi um modelo ARIMA(1,1,0) com constante, sendo que seu modelo é dado pela equação (7), sendo que a previsão da demanda para o próximo período, o tempo 61, é 616 atendimentos aos clientes tipo avulsos.

$$Z_t = 0,6699Z_{t-1} + 0,3301Z_{t-2} + 6,0082 + \varepsilon_t \quad (7)$$

Para obter a previsão de demanda através da modelagem econométrica foi utilizada a análise de regressão, estimando os parâmetros por mínimos quadrados generalizados. O

modelo que melhor explicou o comportamento da demanda é expresso pela equação (8). A previsão econométrica para o período 61 foi 677 atendimentos aos clientes do tipo avulsos.

$$Y = 615,6 - 4408,4 X_1^{0,25} + 3678,2 X_2^{0,25} + 18,9 X_3^4 \quad (8)$$

onde: Y = número de atendimentos dos clientes do tipo avulsos; X_1 = valor médio do dólar; X_2 = variação acumulada do PIB industrial; e X_3 = preço deflacionado pelo IPC-IEPE.

Para obter a previsão de demanda através da opinião de especialistas, foram consultados os especialistas previamente selecionados. Em entrevistas individuais, foram apresentados os dados da série histórica da empresa e solicitado a cada especialista que realizasse uma previsão qualitativa para o próximo período. A previsão de demanda baseada na opinião dos especialistas, obtida através da média aritmética dos três especialistas colaboradores, foi de 580 atendimentos.

Etapa 3 — Cálculo dos pesos das previsões individuais

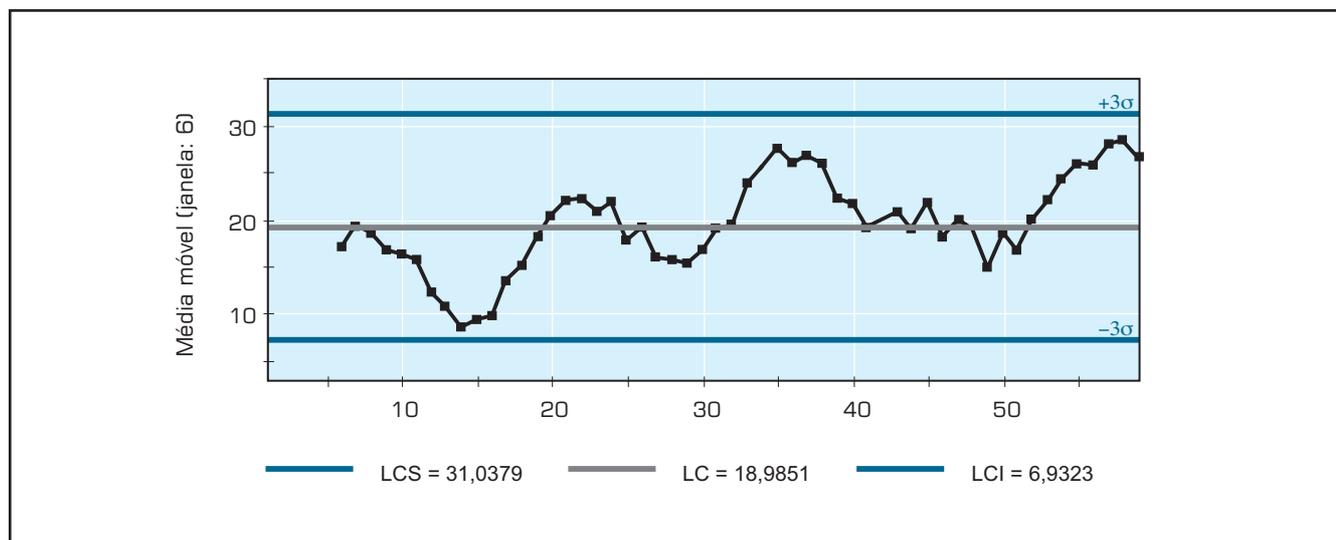
Uma vez obtidos os modelos estatístico e econométrico, foi possível obter as previsões em tempos passados e, por consequência, foi possível, também, obter os erros de previsão. De posse dos erros de previsão, estimou-se a variância associada a eles. A variância do modelo estatístico foi estimada em 25470,19, com 57 graus de liberdade. Para o modelo econométrico, a variância também foi estimada pela variância dos erros de previsão, mas com 56 graus de liberdade, sendo seu valor de 27925,77. Para os dados qua-

litativos, a variância foi calculada usando a ANOVA de um fator, onde o fator (grupos) são os períodos de previsão, e as repetições são formadas pelos especialistas. Os especialistas selecionados para realizar a previsão na etapa anterior já realizaram previsões de demanda. Tais previsões foram obtidas para os últimos seis meses e registradas pela empresa. Com estes dados, estimou-se a variância dos erros de previsão em 4854,17, porém não foi possível obter os erros para todo o período dos dados históricos.

Visto que é possível obter as variâncias das previsões, passou-se a verificar a estacionariedade. Para a previsão estatística o gráfico de controle para as médias móveis da Figura 5 mostrou-se sob controle estatístico, porém apresenta uma tendência cíclica, indicando que a variância aumenta e diminui ao longo do tempo. Tal padrão evidencia uma série não-estacionária, com variação gradual, indicando a necessidade de estimar esta variância utilizando uma janela pequena. Como a estimativa da variância global não seria uma boa estimativa nesta situação, então a estimativa da variância foi obtida com uma pequena quantidade de erros de previsões recentes, mais especificamente, de seis meses para trás. Para estimar a variância da previsão, utilizou-se o erro quadrático médio (MSE), calculado com base nos erros observados nos seis últimos períodos. Para o tempo 61, alvo da previsão deste modelo, estima-se a variância para a previsão estatística em 47.902.

Apesar dos pontos do gráfico de controle de média móvel para a previsão econométrica estarem dentro dos limites de controle, é possível observar na Figura 6 que, ao longo de todo o período estudado, a variância apresenta variações graduais. Assim, pode-se considerar que a série é não-estacionária gradual, a variância da previsão econométrica

Figura 5: Gráfico de controle de médias móveis dos erros absolutos de previsão para a previsão estatística.



também será estimada com uma janela curta, de seis meses. Utilizando o mesmo procedimento descrito para o modelo estatístico, a variância para a previsão econométrica no tempo 61 foi estimada em 25.148.

No estudo em questão, não havia dados disponíveis para testar a hipótese de estacionariedade da variância da previsão realizada pelos especialistas. Como se dispunha de previsões feitas por especialistas e registradas na empresa por um período de apenas seis meses, a estimativa da variância foi feita utilizando estes dados. Tal estimativa já foi obtida anteriormente, sendo que a variância de previsão foi estimada em 4.854.

Uma vez definido o comportamento das variâncias e obtidas as estimativas das variâncias de previsão para

cada modelo, é possível obter os pesos para cada uma das três previsões individuais. Isso é feito utilizando a equação (4). A tabela 1 apresenta os cálculos dos pesos para as três previsões.

Etapa 4 — Obtenção da previsão combinada

Uma vez que os pesos foram calculados para as três previsões, a previsão combinada para o período 61 foi obtida através da aplicação dos pesos e das previsões individuais na equação (2). Assim, aplicando os valores das previsões obtidas na etapa 2 deste exemplo de aplicação e os pesos calculados anteriormente, chega-se à estimativa de previsão de demanda combinada em 598 atendimentos a clientes avulsos, conforme a equação (9).

Figura 6: Gráfico de controle de médias móveis dos erros absolutos de previsão para a previsão econométrica.

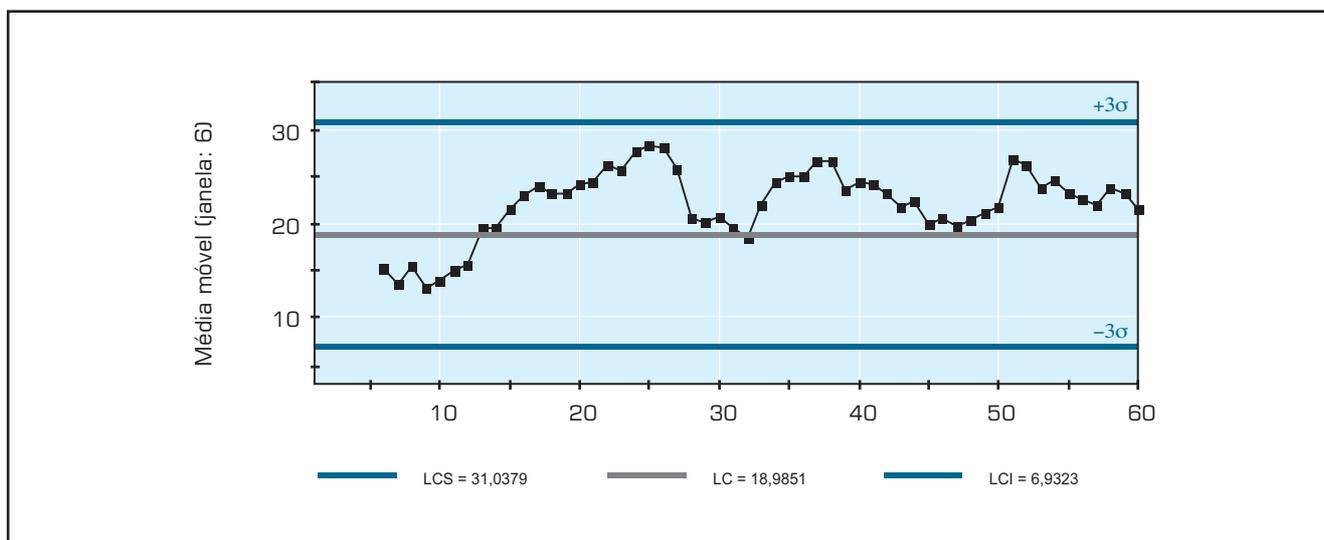


Tabela 1: Valor dos pesos para as três previsões individuais.

PREVISÃO	VALOR DO PESO
Estatística	$w_{est} = \frac{1/47902}{1/47902 + 1/25148 + 1/4854} = \frac{0,000021}{0,000267} = 0,078$
Econométrica	$w_{eco} = \frac{1/25148}{1/47902 + 1/25148 + 1/4854} = \frac{0,000040}{0,000267} = 0,149$
Baseada na opinião de especialistas	$w_{esp} = \frac{1/4854}{1/47902 + 1/25148 + 1/4854} = \frac{0,000206}{0,000267} = 0,772$

$$F_c = 0,078 * 616 + 0,149 * 677 + 0,772 * 580 \approx 598 \quad (9)$$

Etapa 5 — Verificação da necessidade de fazer ajuste

Obtida a previsão combinada, verifica-se a existência de especialistas conhecedores de aspectos que dizem respeito ao mercado e ao ambiente competitivo, os quais possam indicar os acontecimentos das próximas semanas (aspectos que ainda não foram detectados pelos primeiros especialistas, porque ainda não aconteceram ou porque estão em curso), contribuindo para um possível ajuste da previsão combinada. Para este caso, a empresa conta com a colaboração de dois especialistas que conhecem o mercado. Um deles é o sócio-gerente, responsável pela administração geral da empresa (especialista 1). O outro especialista é um fornecedor da empresa, que conhece bem a área de assistência técnica de computadores pessoais (especialista 2).

Etapa 6 — Obtenção da Previsão Final

Uma vez que a empresa dispõe de especialistas com

conhecimento para realizar eventuais ajustes, a estrutura proposta foi aplicada para os dois especialistas.

Passo 1: Estabelecer o percentual máximo e mínimo de ajuste

O especialista 1 estabeleceu o percentual máximo em 100% e o percentual mínimo em -40%, o que indica que, passando de um mês para outro, a demanda pode apresentar de um crescimento de 100% até uma redução de 40%. Já o especialista 2 estabeleceu o percentual máximo em 100% e o percentual mínimo em -50%. Tendo em vista as informações fornecidas pelos dois especialistas, os limites foram definidos como percentual máximo de 100% e percentual mínimo de -45%.

Passo 2: Montar a listagem dos fatores

Estabelecidos os percentuais máximo e mínimo de ajuste, os especialistas passam a descrever os fatores que influenciam o comportamento da demanda. A listagem com todos os fatores descritos se encontra na Tabela 2.

Passo 3: Mensurar o impacto de cada um dos fatores identificados

Após a listagem dos fatores, os especialistas indicam o seu peso, que traduz a eventual influência do respectivo fator

Tabela 2: Pesos e opiniões dos especialistas para os fatores que influenciam a demanda.

FATORES QUE INFLUENCIAM A DEMANDA	ESPECIALISTA 1			ESPECIALISTA 2		
	PESO	PESO NORMALIZADO EM %	INTENSIDADE DE MANIFESTAÇÃO	PESO	PESO NORMALIZADO EM %	INTENSIDADE DE MANIFESTAÇÃO
Avanço da tecnologia	8	8,6	0	9	9,7	0
Condições de pagamento facilitadas	6	6,5	0,05	5	5,4	0,1
Desempenho comercial	1	1,1	0	1	1,1	0
Dias comemorativos	4	4,3	0,03	5	5,4	0,05
Disponibilidade de <i>softwares</i> livres	5	5,4	0	4	4,3	0
Estabilidade econômica	6	6,5	0	5	5,4	0
Familiarização dos usuários c/ informática	3	3,2	0	2	2,2	0
Férias de inverno	5	5,4	0	6	6,5	0
Fim das férias de verão	5	5,4	0	6	6,5	0
Inflação	7	7,5	-0,2	8	8,6	-0,3
Lançamento de um novo <i>hardware</i>	7	7,5	0	8	8,6	0
Modo de utilização (intensidade do uso)	1	1,1	0	1	1,1	0
Novo perfil de usuários	2	2,2	0	1	1,1	0
Lançamento de um novo <i>software</i>	6	6,5	0	8	8,6	0
Alteração na qualidade dos produtos	4	4,3	0	2	2,2	0
Promoção de vendas	7	7,5	0,02	6	6,5	0,05
Qualidade dos técnicos	4	4,3	0	2	2,2	0
Variação do dólar	9	9,7	-0,35	9	9,7	-0,4
Outro: <i>Ampliação do horário</i>	3	3,2	0,05	5	5,4	0,1

sobre a demanda, e a sua opinião a respeito da intensidade com que o respectivo fator estará atuando no próximo período. Exemplificando, “avanço da tecnologia” pode ser um fator com um peso pronunciado (peso 8), mas para o próximo período, este fator pode não exercer influência, uma vez que não há nenhuma indicação de ‘avanços tecnológicos’ para o próximo período.

Passo 4: Mensurar a opinião dos especialistas

Os especialistas manifestam a sua opinião conforme expresso na Tabela 2.

Passo 5: Calcular as médias ponderadas

De posse dos pesos normalizados e da opinião dos especialistas referente à influência de cada fator, procede-se ao cálculo da média ponderada de cada especialista. Para o especialista 1 a média foi de -0,0413 e para o especialista 2 a média foi de -0,0479.

Passo 6: Calcular o ajuste percentual

Após obter as médias ponderadas, que indicam uma redução (sinal negativo), foi aplicado o percentual (mínimo) de ajuste sugerido por eles e calculado o ajuste percentual. Para o especialista 1, o valor do ajuste percentual encontrado foi de $-0,0413 \times 0,45 = -1,86\%$, ou seja, o especialista 1 sugere que a previsão combinada deve ser reduzida em 1,86%. Já para o especialista 2, o valor do ajuste percentual encontrado foi de $-0,0479 \times 0,45 = -2,15\%$, ou seja, o especialista 2 sugere que a previsão combinada deve ser reduzida em 2,15%. Ao calcular a média aritmética dos percentuais de ajuste dos dois especialistas, obtém-se o percentual de ajuste médio que, neste caso, vale -2,0%.

Passo 7: Calcular a previsão final

Para proceder com o ajuste da previsão combinada, adiciona-se o valor 1 ao percentual de ajuste médio, resultando em 0,98, e multiplica-se o valor desta soma pela previsão combinada, obtendo-se como previsão final ($0,98 \times 598 \cong$) 586 atendimentos a clientes avulsos.

Para o período 61, obteve-se a previsão de 586 atendimentos. Para comparar as várias previsões obtidas no estudo, foram calculadas três medidas – Mean Error (ME), Mean Square Error (MSE) e Mean Absolute Percentual Error (MAPE). Na tabela 3, são apresentadas essas medidas, tanto para as três previsões individuais, como para a previsão combinada e a previsão ajustada (correspondente ao modelo

composto). Ao analisar a Tabela 3, observa-se que a previsão combinada apresenta as menores medidas de erro.

Vale observar que, devido ao fato de não haver registro das previsões de especialistas ao longo do período estudado (os 60 meses de dados históricos), mas apenas registro dos últimos seis meses, as medidas de erro foram calculadas apenas para esse intervalo reduzido. Assim, as medidas apresentadas na Tabela 3 fornecem um indicativo preliminar da eficiência do modelo. Na medida em que mais dados forem coletados, em períodos futuros, é importante que as estimativas de erro sejam recalculadas para ampliar a confiabilidade da análise.

A proposição de uma estrutura formal para subsidiar o ajuste é uma contribuição original deste trabalho.

CONCLUSÕES

Realizar previsão de demanda é uma atividade importante, pois pode revelar as tendências de mercado e contribuir para o posicionamento estratégico da empresa. Existem diversas técnicas de previsão de demanda. Este trabalho apresentou uma modelagem para realizar previsões de demanda que aborda diversos contextos, visando encontrar previsões de curto prazo mais acuradas. O desenvolvimento da modelagem contemplou a utilização de duas formas de integração de previsões – combinação de previsões e ajuste baseado na opinião – e teve como base de informação dados históricos, econômicos e de especialistas.

A combinação de previsões consiste em empregar algum procedimento, seja ele matemático ou subjetivo, de forma a reunir as informações, provenientes de várias previsões, em uma única. Já o ajuste baseado na opinião se refere a correções que devem ser realizadas por pessoas que possuem domínio de conhecimento na área de negócio em que a previsão está sendo realizada, com o intuito de aperfeiçoar a previsão.

Para obter a previsão combinada, foi necessário prever a demanda individualmente, considerando dados históricos, econômicos e a opinião de especialistas. Para estimar a pre-

Tabela 3: Medidas de erro para as previsões do estudo.

	PREVISÃO ESTADÍSTICA	PREVISÃO ECONOMÉTRICA	PREVISÃO DOS ESPECIALISTAS	PREVISÃO COMBINADA	MODELO COMPOSTO (PREVISÃO AJUSTADA)
ME	131,40	60,15	-55	-22,53	-8
MSE	47.901	25.148	27.131	9.257	9.050
MAPE	0,000503	0,000382	0,000354	0,000187	0,000173

visão de demanda com base em dados históricos, o modelo propõe o uso da metodologia de *Box-Jenkins*, por ser mais robusta. Para obter a previsão de demanda através de dados econômicos, o modelo sugere o uso de análise de regressão, o que possibilita a obtenção de um modelo matemático que trata as variáveis econômicas pertinentes à área de negócio em estudo. A terceira previsão individual consiste em informações provenientes de especialistas, que compõem uma previsão com base no seu conhecimento.

A realização de um estudo aplicado em uma empresa de assistência técnica de computadores pessoais permitiu verificar a viabilidade da utilização da modelagem proposta.

Após obter as melhores estimativas individuais de previsão, o modelo proposto prevê combiná-las. A literatura sobre o assunto é vasta, e muitos são os métodos de combinação de previsões. Para escolher entre os diversos métodos existentes na literatura, foi necessário definir quesitos, como facilidade de cálculo ou facilidade de interpretação. Isso ocorreu porque, apesar de a literatura ser farta, não existe consenso sobre qual método fornece a maior acurácia numa situação específica. Uma vez estabelecida a forma de cálculo da previsão combinada (método da variância mínima) e obtida essa previsão, a modelagem prevê verificar se existem especialistas com conhecimento suficiente para realizar ajustes. Em caso positivo, o método apresenta uma estrutura para realizar o ajuste com base no conhecimento dos especialistas. A proposição de uma estrutura formal para subsidiar o ajuste é uma contribuição original deste trabalho e pode minimizar um problema reportado na literatura: o viés inerente à tomada de decisão humana.

A estrutura de ajuste proposta consiste em os especialistas estabelecerem uma listagem de novos fatores, não-considerados nas previsões individuais, atribuindo pesos de importância e influências que os respectivos fatores podem exercer no próximo período. Uma vez atribuídos os pesos e influências, a estrutura especifica o cálculo do percentual de ajuste obtido a partir de cada especialista consultado. Ao calcular a média para todos os especialistas, tem-se o ajuste percentual médio que, ao ser aplicado à previsão combinada, resulta na previsão final.

A realização de um estudo aplicado em uma empresa de assistência técnica de computadores pessoais permitiu ve-

rificar a viabilidade da utilização da modelagem proposta. Utilizando os dados disponíveis na empresa, o exemplo de aplicação foi concluído, comprovando a exequibilidade da proposta, que inclui as duas formas de integração. Entre as dificuldades na aplicação da modelagem, destaca-se a necessidade de grande conhecimento das técnicas estatísticas, visando realizar a escolha dos modelos mais apropriados para o problema em questão (especificação do modelo *Box-Jenkins*, variáveis incluídas no modelo econométrico). Essa dificuldade, no entanto, restringe-se ao primeiro ciclo de previsão. Conhecidos os modelos mais apropriados, as previsões subsequentes são fáceis de obter, utilizando-se pacotes estatísticos.

O modelo apresenta muitas vantagens, dentre as quais devem ser citadas: (i) a correta ponderação das previsões individuais, na medida em que o modelo considera o erro inerente a cada previsão; (ii) a possibilidade de fornecer previsões mais robustas, devido ao uso de diversas fontes de informação; e (iii) a indicação de procedimentos originais e estruturados para orientar os especialistas na realização de ajustes da previsão combinada.

Ao realizar previsão de demanda, é importante avaliar os erros de previsão. Através da comparação das medidas de erro ME, MSE e MAPE, observou-se que o modelo composto ajustado apresentou maior acurácia que o modelo combinado ou as previsões individuais (estatística, econométrica e de especialistas).

Além das vantagens mencionadas, a utilização do modelo atende ao princípio básico da previsão de demanda que é desempenhar um papel-chave em diversas áreas da gestão das organizações (PELLEGRINI; FOGLIATTO, 2000), por exemplo, o departamento financeiro levanta os recursos necessários aos investimentos e operações para que o departamento de manufatura defina os níveis de produção; para que o departamento de compras adquira o volume correto de suprimentos e o departamento de recursos humanos planeje adequadamente o número de operadores necessários. Para a empresa do exemplo aplicado, prever a demanda dos serviços está intimamente ligado às tarefas de disponibilizar recursos, tanto humanos como de equipamentos, para viabilizar o atendimento eficaz aos clientes. Desta forma, a previsão de demanda com base nas técnicas de previsões objetivas consolidadas, aliadas ao conhecimento técnico dos especialistas, proporcionou atender e gerenciar estas necessidades da empresa.

Artigo recebido em 15/06/2005

Aprovado para publicação em 10/11/2006

Referências Bibliográficas

- ARMSTRONG, J. S. *Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners*. Kluwer Academic Publishers, 2001.
- ARMSTRONG, J. S.; COLLOPY, F. Integration of Statistical Methods and Judgment of Time Series Forecasting: Principles for Empirical Research. In: WRIGHT, G. & GOODWIN, P. (Ed.) *Forecasting with Judgment*. Wiley & Sons, 1998. Disponível em: www-marketing.wharton.upenn.edu/ideas/pdf/integ.pdf. Acesso em: 21/08/2003.
- BATES, J. M.; GRANGER, C. W. J. The Combining of Forecasts. *Operational Research Quarterly*, v. 20, n. 4, 1969, p. 451-468.
- BUNN, D. W.; SALO, A. A. Adjustment of Forecast with Model Consistent Expectations. *International Journal of Forecasting*, v. 12, 1996, p. 163-170.
- CHAN, C. K.; KINGSMAN, B. G.; WONG, H. The Value of Combining Forecasts in Inventory Management – a Case Study in Banking. *European Journal of Operational Research*, v. 117, 1999, p. 199-210.
- CLEMEN, R. T. Combining Forecasts: A Review and Annotated Bibliography. *International Journal of Forecasting*, v. 5, 1989, p. 559-583.
- FLORES, B. E.; OLSON, D. L.; WOLFE, C. Judgemental Adjustment of Forecasts: A Comparison of Method. *International Journal of Forecasting*, v. 7, 1992, p. 421-433.
- FLORES, B. E.; WHITE, E. M. A Framework for the Combination of Forecasts. *Journal Academic Marketing Science*, v. 16 (3-4), 1988, p. 95-103.
- GOODWIN, P. Adjusting Judgemental Extrapolations using Theil's Method and Discounted Weighted Regression. *Journal of Forecasting*, v. 16, 1997, p. 37-46.
- GOODWIN, P. Improving the Voluntary Integration of Statistical Forecasts and Judgement. *International Journal of Forecasting*, v. 16, 2000, p. 85-99.
- GOODWIN, P. Integration Management Judgement and Statistical Methods to Improve Short-term Forecasts. *Omega*. *The International Journal of Management Science*, v. 30, 2002, p. 127-135.
- GRANGER, C. W. J. & RAMANATHAN, R. Improved Methods of Forecasting. *Journal of Forecasting*, v. 3, 1984, p. 197-204.
- MAHMOUD, E. Combining Forecasts: Some Managerial Issues. *International Journal of Forecasting*, v. 5, 1989, p. 599-600.
- MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. *Forecasting. Methods and Applications*. Third Edition. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- MARQUES, E. B.; ISSLER, J. V. *Combinação de Previsões de Índices de Preços*. Escola de Pós-Graduação em Economia. Fundação Getúlio Vargas, 2005.
- NEWBOLD, P.; GRANGER, C. W. J. Experience with Forecasting Univariate Time Series and Combination of Forecasts. *Journal Royal Statistical Society, series A*, v. 137, n. 2, 1974, p.131-165.
- PELLEGRINI, F.; FOGLIATTO, F. Estudo Comparativo entre os Modelos de Winters e de Box-Jenkins para Previsão de Demanda Sazonal. *Produto & Produção*, v. 4, n. especial, abril 2000, p. 72-85.
- PEREIRA, B. B.; COQUEIRO, R. C. O.; PERROTA, A. H. V. Experience in Combining Subjective and Quantitative Forecasts of Open Market Rates. *Journal of Forecasting*, v. 8, 1989, p. 343-348.
- SAATY, T. L. *Método de Análise Hierárquica*. São Paulo: McGraw-Hill, 1991.
- SANDERS, N. R. Accuracy of Judgmental Forecasts: A Comparison. *Omega*. *The International Journal of Management Science*, v. 20, n. 3, 1992, p. 353-364.
- SANDERS, N. R.; RITZMAN, L. P. Judgmental Adjustment of Statistical Forecasts. In: ARMSTRONG, J. S. *Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners*. Kluwer Academic Publishers, 2001.
- WEBBY, R.; O'CONNOR, M. Judgement and Statistical Time Series Forecasting: a Review of the Literature. *International Journal of Forecasting*, v. 12, 1996, p. 91-118.
- WOLFE, C. How to Adjust Forecast with the Analytic Hierarchy Process. *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*, v. 7, n. 1, 1988, p. 13-17.
- WRIGHT, G.; LAWRENCE, M. J.; COLLOPY, F. The Role and Validity of Judgment in Forecasting. *International Journal of Forecasting*, v. 12, 1996, p. 1-8.

Sobre os autores

Liane Werner

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Professor

End.: Av. Osvaldo Aranha, 99, 5º andar – CEP 90035-190 – Porto Alegre – RS

Tel.: (51) 3316-4297 Fax: (51) 3316-4007

E-mail: liane@producao.ufrgs.br

José Luis Duarte Ribeiro

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Professor

End.: Av. Osvaldo Aranha, 99, 5º andar – CEP 90035-190 – Porto Alegre – RS

Tel.: (51) 3316-4005 Fax: (51) 3316-4007

E-mail: ribeiro@producao.ufrgs.br