

## Previsão de demanda e gestão de estoques em um almoxarifado central de restaurantes universitários

Carolina Tagliani Ribeiro (UFRGS) carolina.ribeiro@prae.ufrgs.br

Michel José Anzanello (UFRGS) michel.anzanello@gmail.com

Vera Lúcia Milani Martins (IFRS) vera.martins@poa.ifrs.edu.br

### Resumo:

Este artigo possui como objetivo propor uma sistemática baseada em previsão de demanda e *Material Requirements Planning* (MRP) para melhorar a política de solicitação de pedidos ao fornecedor de um almoxarifado central de restaurantes universitários, visando minimizar estoques e garantir o fornecimento de refeições. Para isso, foram coletados os dados históricos de demanda e realizada a modelagem da série com base em cinco modelos de previsão: *naive*, média móvel, *Holt Winters* aditivo, *Holt Winters* multiplicativo e ARIMA; o melhor método foi identificado através do valor do MAPE. Depois disso, foi elaborada a matriz *Bill of Materials* (BOM) de uma refeição padrão dos restaurantes, apoiando-se no conhecimento de especialistas e, por fim, foi gerado o relatório MRP. Ao ser aplicado em um caso real, o método de *Holt Winters* multiplicativo foi identificado como o melhor método de previsão de demanda para a série analisada, e o relatório MRP se mostrou adequado para alguns itens (arroz, feijão e massa) e incompleto para os demais, exigindo, portanto, a inserção de outros dados na BOM para que o mesmo possa ser utilizado plenamente.

**Palavras chave:** previsão de demanda, MRP, restaurante universitário.

## Demand forecast and inventory management in a university restaurants' central warehouse

### Abstract:

The aim of this paper is to propose a strategy based on demand forecast and MRP to improve the policy of suppliers request at a university restaurants' central warehouse, in order to minimize inventory and ensure meal supply. We collected historical demand data and carried out series modeling based on five forecast models: naive, moving average, additive Holt-Winters, multiplicative Holt-Winters, and ARIMA; the best model was identified using MAPE value. After that, we elaborated the Bill of Materials (BOM) of the restaurants' standard meal based on the experts' opinions, and generated the MRP report. When applied to a real case, we found the multiplicative Holt-Winters as the best demand forecast model to this specific data series. We found MRP report to be adequate for some items (rice, bean and pasta), but incomplete for others, therefore demanding the inclusion of further data at BOM to enable the complete use of it.

**Key-words:** Forecast demand, MRP, university restaurant.

### 1. Introdução

Muitas universidades federais brasileiras oferecem a seus usuários, além de seus serviços finalísticos, serviços de apoio que visam facilitar a permanência dos usuários na universidade. Um desses serviços é representado pelas refeições oferecidas pelos restaurantes universitários (RUs), as quais são parcialmente subsidiadas pelas universidades e por isso possuem baixo custo para seus clientes. De uma forma geral, as universidades tendem a priorizar os serviços

finalísticos, possuindo muitas vezes falhas na gestão dos outros tipos de serviços, incluindo a gestão dos restaurantes universitários.

Dentre os processos de gestão de restaurantes universitários se encontram as atividades relacionadas ao planejamento e controle da produção (PCP). O PCP atua nos três níveis hierárquicos de uma organização, respondendo questões relacionadas ao tipo de sistema de produção a ser usado, processos que farão parte do sistema, instante e sequência de produção de cada item de acordo com a demanda do mercado, dentre outras questões (LUSTOSA et al., 2008).

Dentre as ferramentas tipicamente utilizadas pelo PCP, destaca-se a previsão de demanda, que é um prognóstico de eventos futuros, utilizado para fins de planejamento (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). Definir um modelo de previsão de demanda que se adeque ao comportamento do perfil de demanda histórica, no entanto, é um grande desafio. A literatura traz uma série de métodos utilizados para prever demanda, dentre os quais destacam-se *naive*, média móvel, método de *Holt*, método de *Holt Winters* (H-W) e ARIMA. Além da previsão de demanda, outro assunto referente ao PCP é o MRP (*Material Requirements Planning*), que tem como objetivo administrar os insumos necessários à operação de um sistema produtivo sem incorrer em demasiado volume de estoques (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009), o que se torna bastante importante quando se trabalha com produtos perecíveis.

Serviços não diretamente ligados à produção das universidades (ensino, pesquisa e extensão) podem acabar sendo menos cobrados por setores de controle e, conseqüentemente, possuírem menor supervisão em sua execução (SILVA; PACHECO; BERNARDES, 2009). Dessa forma, sistemáticas estruturadas para previsão de demanda e gestão de estoques praticamente inexistem (ou são realizadas de maneira insatisfatória) nos RUs, o que resulta no surgimento de problemas que incluem escassez de alimentos (incorrendo na necessidade de reajuste da programação das refeições); excesso de alimentos (que pode resultar no descarte dos mesmos, caso tenham atingido a data de validade); e insatisfação dos usuários, que impacta diretamente na imagem da universidade perante a sociedade. Além disso, podem ser verificadas penalizações legais às universidades por conta da prestação de serviço inadequado à sociedade.

Como o estudo é realizado no setor público, a compra de alimentos para os RUs é feita através de licitações ou registro de preços. Dessa forma, no início de cada ano a quantidade a ser comprada de cada alimento já está definida, cabendo aos gestores planejarem a entrega desses itens da forma mais adequada ao longo do ano (promovendo um fluxo entre o fornecedor e o almoxarifado central, que, na sequência, distribui para cada RU conforme solicitação). Esse estudo está focado nas atividades de planejamento de entregas, não incluindo, portanto, os processos envolvidos em aberturas de licitações e registros de preços.

De tal forma, esse artigo propõe uma sistemática baseada em previsão de demanda e MRP com vistas ao controle dos pedidos de ingredientes a serem solicitados pelo almoxarifado central aos fornecedores. Para tanto, inicialmente são coletados dados históricos de demanda de refeições, os quais são modelados por diferentes modelos quantitativos de previsão de demanda. O melhor modelo é definido com base no menor MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). A demanda prevista de refeições é então decomposta nos seus ingredientes através da matriz *Bill of Materials* (BOM), e um relatório MRP sinalizando os momentos de liberação de lotes, bem como suas quantidades, é gerado. Objetiva-se ajustar a política de solicitação de pedidos, de forma a minimizar estoques e garantir a geração do número de refeições necessárias.

Este estudo se mostra importante para a gestão da universidade, visto que uma previsão de demanda precisa e gestão de estoques adequada com o uso do MRP auxiliam no planejamento das entregas dos itens comprados. Essa maior precisão das entregas visa aumentar o nível dos serviços dos RUs, reduzindo insatisfação dos usuários e gastos desnecessários. Além disso, como o poder público já não consegue aumentar a carga tributária para arrecadar mais verba para a gestão, torna-se necessário racionalizar recursos a fim de cumprir os deveres dos RUs (TRIDAPALLI; FERNANDES; MACHADO, 2011).

Este artigo está organizado em cinco seções, iniciando nesta introdução. A seção 2 traz uma revisão bibliográfica acerca de tópicos importantes para a fundamentação teórica da pesquisa. Na terceira seção, são descritos os procedimentos metodológicos empregados na pesquisa, cujos resultados e discussões estão apresentados na seção seguinte. Por fim, na quinta seção, são apresentadas as conclusões do estudo.

## **2. Revisão Bibliográfica**

Para um melhor embasamento teórico acerca do assunto tratado neste artigo, é apresentada uma revisão bibliográfica acerca de previsão de demanda, modelos quantitativos de previsão de demanda e MRP. Esses principais temas estão descritos nas subseções que seguem.

### **2.1. Previsão de demanda**

Segundo Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), previsão é o processo de identificar a demanda futura mais provável de se concretizar, com base em informações de concorrentes, preços e marketing, dentre outros, para fins de planejamento.

As previsões de demanda são importantes para auxiliar na tomada de decisões futuras (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009; CORRÊA; CORRÊA, 2012). Qualquer decisão gerencial precisa de determinado período de tempo para ser colocada em prática, portanto, para embasar as decisões, é necessário que o gestor tenha uma visão clara do futuro, para que as decisões programadas possam ocorrer no tempo desejado (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), qualquer previsão sempre estará errada, pois é impossível, de fato, prever o futuro. No entanto, é importante que as organizações saibam e busquem métodos para reduzir os erros de suas previsões.

Existem duas principais técnicas de realizar a previsão de demanda: modelos qualitativos e quantitativos (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Os métodos qualitativos são recomendados quando não há dados históricos do comportamento do produto, o que impede o uso de métodos quantitativos (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

Uma das formas de se utilizar os métodos quantitativos, foco deste estudo, é através de séries temporais, que consistem em mapear o comportamento de uma determinada variável em um período passado, a fim de prever seu comportamento futuro (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009; CORRÊA; CORRÊA, 2012) e identificar padrões de comportamento (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). Os modelos quantitativos de previsão de demanda abordados neste artigo são agora detalhados.

### **2.2. Modelos quantitativos de previsão de demanda**

Para os casos em que se possuem dados históricos, torna-se viável realizar a previsão de demanda usando modelos quantitativos (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). Nesta subseção são apresentados alguns dos modelos mais utilizados.

#### **2.2.1 Naive**

O método *naive* (ou ingênuo) prevê que a demanda para determinado período é igual à demanda real do período anterior. Esse método pode ser adaptado para absorver características de sazonalidade da série de dados, sendo possível pressupor que a demanda de determinado produto com comportamento sazonal em julho de certo ano é igual à demanda de julho do ano anterior. É um método bastante simples e barato, e que, dependendo da estabilidade da série de dados, pode trazer bons resultados (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

### 2.2.2. Média móvel

Esse método se baseia na suposição de que a melhor previsão futura pode ser obtida através da média dos  $n$  últimos períodos (CORRÊA; CORRÊA, 2012), onde o valor de  $n$  costuma ser entre 4 e 7 (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Média móvel é adequada quando a demanda não possui tendência ou sazonalidade (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). Esse método consiste em calcular a média da demanda dos períodos anteriores e usar como previsão para o próximo período. Após a demanda do período ser conhecida, a mesma deve passar a ser utilizada para calcular a nova média, que gerará a previsão para o próximo novo período. Pode-se também ponderar a média utilizando-se pesos para períodos mais significativos (aqueles mais recentes, por exemplo) (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

### 2.2.3. Modelo de Holt

Se há indícios de que a série de dados apresenta tendência (aumento ou uma redução sistemática na média ao longo dos períodos), torna-se necessário utilizar o do modelo de *Holt* (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

Para aplicar o método de *Holt* é necessário obter uma estimativa inicial da tendência, que pode ser estimada através da diferença entre a média da série calculada no período atual e a média calculada no período anterior. As equações de média (equação (1)) e tendência (equação (2)) são dadas a seguir, assim como a equação da previsão para o período seguinte (equação (3)) (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

$$A_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1}) \quad \text{Equação (1)} \qquad F_{t+1} = A_t + T_t \quad \text{Equação (3)}$$

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:  $A_t$  = média suavizada exponencialmente da série no período  $t$ ;  $\alpha$  = parâmetro de suavização para a média, com um valor entre 0 e 1;  $D_t$  = demanda no período atual;  $A_{t-1}$  = média estimada do último período;  $T_{t-1}$  = tendência estimada do último período;  $T_t$  = média suavizada exponencialmente da tendência no período  $t$ ;  $\beta$  = parâmetro de suavização para a tendência, com um valor entre 0 e 1;  $F_{t+1}$  = previsão para o período  $t + 1$

Para Morettin e Tolo (2004), a principal desvantagem desse método está em definir valores apropriados dos parâmetros de suavização  $\alpha$  e  $\beta$ . Para defini-los, normalmente se ajustam os valores até que os erros sejam os menores possíveis. Esse método é mais adequado para análises de curto prazo, pois quanto mais distante a estimativa, mais frágil ela se torna (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

### 2.2.4. Modelo de Holt-Winters

Muitas demandas possuem um padrão sazonal, ou seja, que se repetem a cada período específico. Uma maneira de estudar os efeitos sazonais é utilizar uma técnica de previsão de demanda para cada período sazonal independentemente. O modelo de *Holt-Winters* se divide

em duas abordagens: método multiplicativo e método aditivo (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

No método multiplicativo, os fatores sazonais são multiplicados por uma estimativa de demanda média (que pode ser encontrada usando média móvel, suavização exponencial,...) para chegar-se a uma previsão sazonal. As equações (4), (5), (6) e (7) utilizadas nesse método estão descritas a seguir.

$$A_t = \alpha \frac{D_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1}) \quad \text{Equação (4)} \quad F_{t+1} = (A_t + T_t)S_{t-s+1} \quad \text{Equação (6)}$$

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad \text{Equação (5)} \quad S_t = \gamma \frac{D_t}{A_t} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad \text{Equação (7)}$$

Já o método sazonal aditivo, é mais simples, pois considera que o padrão sazonal é constante, ou seja, soma-se à estimativa de demanda média do período um valor constante. As equações (8), (9), (10) e (11) são referentes a esse método e estão mostradas a seguir (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009):

$$A_t = \alpha(D_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1}) \quad \text{Equação (8)} \quad T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad \text{Equação (10)}$$

$$S_t = \gamma(D_t - A_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad \text{Equação (9)} \quad F_{t+1} = A_t + T_t + S_{t-s+1} \quad \text{Equação (11)}$$

Onde, para ambas as abordagens:  $A_t$  = estimativa do nível da série temporal no período  $t$ ;  $\alpha$  = parâmetro de suavização para a média, com um valor entre 0 e 1;  $D_t$  = demanda no período atual;  $A_{t-1}$  = média estimada do último período;  $T_t$  = média suavizada exponencialmente da tendência no período  $t$ ;  $T_{t-1}$  = tendência estimada do último período;  $\beta$  = parâmetro de suavização para a tendência, com um valor entre 0 e 1;  $S_t$  = estimativa do componente sazonal da série temporal no período  $t$ ;  $s$  = número de períodos por ciclo sazonal;  $\gamma$  = parâmetro de suavização para a sazonalidade, com um valor entre 0 e 1;  $F_{t+1}$  = previsão para o período  $t + 1$

### 2.2.5. Modelo ARIMA

A metodologia proposta por Box and Jenkins (1976) e detalhada em Morettin e Tolo (2010) consiste em ajustar modelos autorregressivos integrados de médias móveis a um conjunto de dados (MORETTIN; TOLOI, 2004). No método ARIMA (p, d, q) considera-se que o valor futuro a ser obtido possui uma relação linear com diversas observações anteriores e erros aleatórios (KHASHEI; BIJARI, 2010). A evolução de recursos computacionais fez com que o método ARIMA se tornasse popular, sendo aplicado em diferentes áreas de estudo (CHRISTODOULOS; MICHALAKELIS; VAROUTAS, 2010).

O modelo possui três passos iterativos: identificar particular modelo ARIMA a ser ajustado aos dados (MORETTIN; TOLOI, 2004), estimar parâmetros visando minimizar os erros (KHASHEI; BIJARI, 2010) e verificar se o modelo representa bem a série de dados (MORETTIN; TOLOI, 2004), testando-se as hipóteses do modelo para identificar áreas onde o modelo seja inadequado (WANG, 2011).

Para o modelo ARIMA gerar bons resultados, é necessário que o fenômeno analisado seja relativamente estável, tenha padrão estocástico e que haja uma quantidade significativa de dados históricos (não menos que 30) (GOTTARDI; SCARSO, 1994). Estudo de Wang (2011) confirma essa afirmação, mostrando que em análises com longa base de dados, o modelo

consegue capturar facilmente a tendência da série, trazendo bons resultados – o que não ocorre para períodos de amostragem curtos, com poucos dados disponíveis.

### **2.3. Material Requirements Planning (MRP)**

O MRP é um sistema de informações que possibilita a administração do estoque de demanda dependente e as necessidades de pedidos de reposição de insumos de maneira integrada. As principais entradas para que um sistema MRP funcione adequadamente em uma indústria são: a lista de materiais (BOM - *Bill of Materials*), o plano mestre de produção (MPS - *Master planning schedule*) e um banco de dados de registro dos estoques. A BOM é um registro de todos os componentes de um produto e suas quantidades usadas em todas as partes para composição do produto final (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). O MPS indica a quantidade de itens que serão fabricados em um determinado período futuro, com base em previsão de vendas e pedidos já colocados. O banco de registro dos estoques é um controle em que devem ser registradas todas as transações que ocorrem com os itens em estoque, da forma mais precisa possível, para que o balanço de estoque se mantenha correto e o MRP possa ser utilizado da sua melhor maneira. A partir do MPS, o sistema MRP revela as quantidades necessárias de todos os componentes e matérias-primas para a fabricação da quantidade específica de itens finais (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

Alguns fatores de planejamento merecem ser bem discutidos e definidos pois são importantes para um bom desempenho do sistema MRP. É o caso do prazo de entrega, que, para itens comprados, é o tempo que transcorre desde o envio do pedido para o fornecedor até o recebimento do mesmo; dimensionamento de lote, que deve ser avaliado no momento de colocação de pedidos; e estoque de segurança, que será a base para determinar os momentos de reposição de estoque, a fim de que o mesmo mantenha o nível considerado seguro (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009; CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Alguns benefícios trazidos pela implementação do sistema MRP incluem resposta mais rápida às mudanças do mercado (MANTHOU; VLACHOPOULOU; THEODOROU, 1996), redução de estoques (MANTHOU; VLACHOPOULOU; THEODOROU, 1996; MARTINS *et al.*, 2014;), maior controle dos estoques (MARTINS *et al.*, 2014), redução do prazo de entrega (BARRILARI; PÁDUA, 2008), melhora do nível do atendimento ao cliente (MANTHOU; VLACHOPOULOU; THEODOROU, 1996; PETRONI, 2002; BARRILARI; PÁDUA, 2008;), melhor programação da produção e redução dos custos de fabricação (PETRONI, 2002). A busca por uma implementação de sucesso do sistema MRP deve ser levada a sério, pois isso afeta o desempenho global da empresa (ANG; SUM; YEO, 2002).

### **3. Método de pesquisa**

Para o desenvolvimento da pesquisa, é inicialmente realizada a coleta de dados históricos da demanda de refeições, junto ao setor responsável, para tornar possível a modelagem dos mesmos. Os dados são agrupados de forma que se obtenha um valor total de refeições demandadas por mês. Após a coleta dos dados, os mesmos são analisados a fim de identificar comportamentos anormais e dados espúrios. Quando dados anormais são encontrados, especialistas são consultados a fim de identificar as causas da variação e avaliar se há chance do fenômeno se repetir. A ação tomada em relação a eles é definida com base na informação obtida com os especialistas.

Na segunda etapa, são geradas modelagens individuais dos dados históricos de demanda mensal. As previsões através dos modelos *naive* e média móvel são geradas utilizando a planilha eletrônica Excel, e as geradas através dos modelos de suavização e ARIMA são feitas utilizando-se o *software* de análise estatística SPSS. Os valores da série histórica de refeições são então separados em porção de treino e teste, para que seja possível analisar a qualidade

das predições resultantes dos modelos. A qualidade da capacidade preditiva do modelo é avaliada através do MAPE (*Mean Absolute Percent Error*) dos dados da porção de teste, que relaciona o erro percentual de previsão de observações que não foram consideradas na construção dos modelos de previsão (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). O modelo responsável pelo menor MAPE é escolhido.

A etapa seguinte está relacionada à geração da matriz BOM que quantifica os ingredientes que compõem uma refeição padrão. Para tanto, identifica-se, utilizando a opinião de especialistas e dados históricos de demanda de itens, os ingredientes que compõem a refeição padrão, a fórmula de preparação dos mesmos e a quantidade servida de cada ingrediente em uma refeição padrão. Cabe salientar que este estudo está focado nos itens estocáveis, excluindo-se assim itens como carnes e hortifrutigranjeiros (ingredientes com reduzido prazo de validade). A matriz BOM será utilizada na geração do relatório MRP, descrito na sequência.

Por fim, é gerado um relatório MRP com vistas ao atendimento da demanda de refeições padrão; objetiva-se definir os momentos de colocação de pedidos, bem como suas quantidades, a fim de evitar a falta/sobra demasiada de itens. São considerados na análise os tamanhos de lote padrão dos itens e a característica de perecibilidade dos alimentos (sendo essa última uma variável subjetiva que influencia substancialmente na definição do tamanho do pedido).

#### 4. Resultados

Para realizar a primeira etapa do método proposto, foram consultadas planilhas eletrônicas de controle de usuários disponibilizadas pelo departamento responsável pela gestão dos restaurantes. Com essas planilhas, foi possível obter a quantidade de usuários por mês em cada RU; tais valores foram somados, visto que o almoxarifado atende a todos os RUs (de tal forma, a programação será feita para o total de refeições servidas). Foram coletados os dados de janeiro de 2010 a junho de 2015, sendo que os últimos seis meses da série foram utilizados como porção de teste para a escolha do método de previsão de demanda mais adequado. Identificou-se uma anormalidade nos meses de janeiro e fevereiro de 2015, quando todos os restaurantes foram fechados por problemas de contrato com a empresa fornecedora da mão-de-obra das operações dos restaurantes. Dessa forma, a fim de tornar possível o cálculo do MAPE desse período, foi considerada como demanda destes meses a média das demandas dos mesmos meses nos anos anteriores. Ao analisar-se o perfil de demanda das refeições, é possível identificar um padrão sazonal; a Tabela 1 traz as demandas totais para o período de análise.

| Ano  | jan    | fev     | mar     | abr     | mai     | jun     | jul     | ago     | set     | out     | nov     | dez     |
|------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 2010 | 35.622 | 18.102  | 165.277 | 161.756 | 162.785 | 144.054 | 71.842  | 152.318 | 158.669 | 154.304 | 150.688 | 87.807  |
| 2011 | 37.791 | 21.236  | 145.707 | 168.351 | 192.878 | 172.638 | 88.710  | 169.678 | 177.723 | 165.831 | 165.311 | 92.603  |
| 2012 | 40.403 | 26.114  | 200.820 | 188.222 | 203.409 | 110.698 | 37.193  | 79.221  | 169.058 | 201.488 | 175.345 | 100.617 |
| 2013 | 67.955 | 34.462  | 149.593 | 212.560 | 182.049 | 157.312 | 122.620 | 182.223 | 158.647 | 200.019 | 182.225 | 94.750  |
| 2014 | 30.068 | 62.925  | 182.041 | 191.304 | 206.552 | 129.639 | 107.709 | 214.237 | 120.575 | 179.920 | 164.672 | 86.376  |
| 2015 | 42.368 | 120.926 | 120.926 | 209.767 | 196.351 | 58.854  |         |         |         |         |         |         |

Fonte: Os autores

Tabela 1: Demandas mensais de refeições nos RUs

A porção de treino dos dados históricos, composta por 60 observações mensais de demanda, foi ajustada a cinco modelos de previsão de demanda, a fim de identificar o que mais se adequava à série. A porção de teste é formada pelas seis observações de demanda mais

recentes. As Figuras 1 a 5 confrontam os valores previstos e os valores reais da porção de teste de cada modelo.

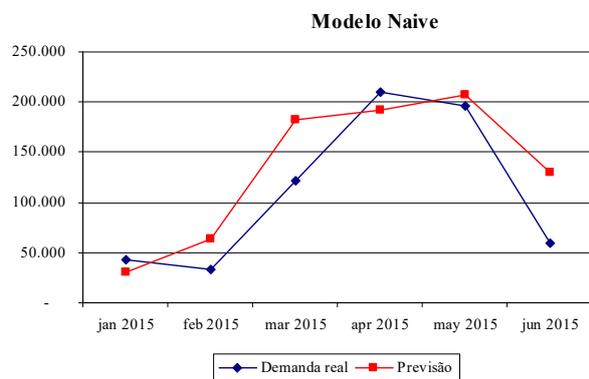


Figura 1: Gráfico previsão de demanda modelo *naive*  
 Fonte: Os autores

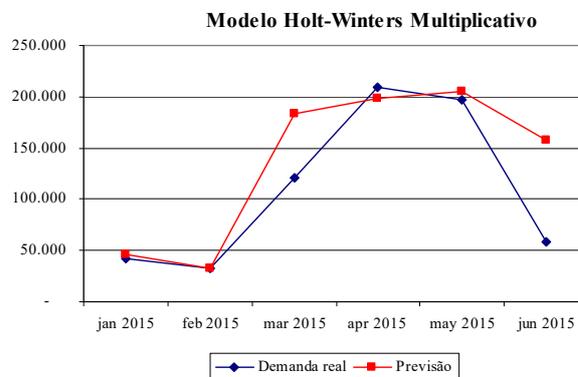


Figura 4: Gráfico previsão de demanda modelo *Holt-Winters* multiplicativo  
 Fonte: Os autores

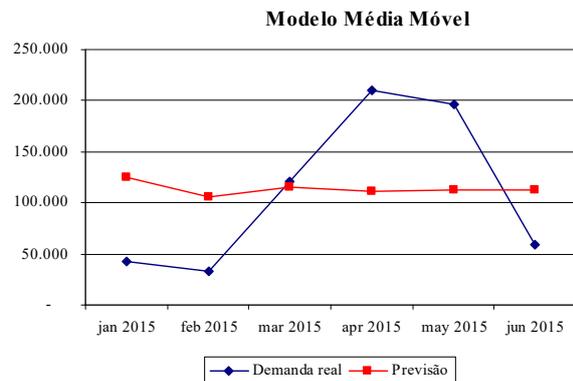


Figura 2: Gráfico previsão de demanda modelo média móvel  
 Fonte: Os autores

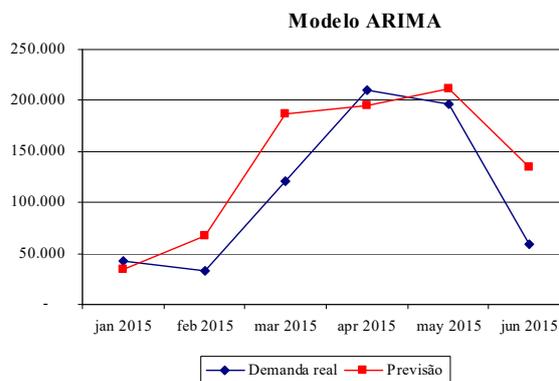


Figura 5: Gráfico previsão de demanda modelo ARIMA  
 Fonte: Os autores

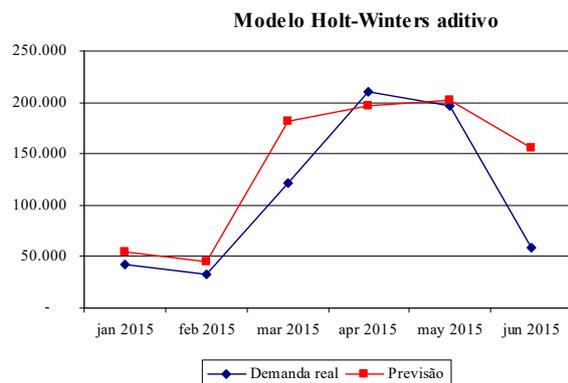


Figura 3: Gráfico previsão de demanda modelo *Holt-Winters* aditivo  
 Fonte: Os autores

Para definição do modelo de previsão a ser utilizado, foi analisado o valor do MAPE da porção de teste de cada modelo. Para realizar as previsões com o modelo *naive*, o mesmo foi adaptado a fim de absorver as características de sazonalidade, conforme citado na seção dois. Nas previsões utilizando média móvel, constatou-se que a média utilizando os dois últimos períodos foi a que apresentou menor MAPE. Dentre as opções de suavização exponencial, foram testados os modelos de *Holt-Winters*, visto que a série de dados apresenta característica de sazonalidade. Na categoria dos modelos ARIMA, o *software* indicou ARIMA (0,0,0)(0,1,0) como a melhor opção. A normalidade dos resíduos foi constatada através do teste de *Kolmogorv-Smirnov*, realizado também no SPSS. A Tabela 2 mostra os valores de MAPE encontrados para cada modelo.

|             | <i>Naive</i> | Média Móvel | H-W aditivo | H-W multiplicativo | ARIMA |
|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------------|-------|
| <b>MAPE</b> | 0,512        | 1,010       | 0,490       | 0,398              | 0,536 |

Fonte: Os autores

Tabela 2: Valores de MAPE para cada modelo

Com base nesses dados, identificou-se o modelo *Holt-Winters* multiplicativo como o modelo a ser utilizado para previsão de demanda da série de dados analisada. Os valores gerados pelo modelo na porção de teste foram arredondados para cima para serem utilizados na geração do relatório MRP.

Na sequência, iniciou-se a construção da matriz BOM de uma refeição padrão. Como o estudo foi desenvolvido durante um período em que os servidores da universidade estavam em greve, havia apenas dois restaurantes abertos e, portanto, foram consultados apenas os especialistas alocados nestes restaurantes. Foi obtido retorno de apenas um especialista, cujas informações foram utilizadas na BOM.

Os restaurantes, de uma forma geral, servem diariamente um cardápio composto por saladas, arroz, feijão, guarnição, carne e sobremesa. Para o estudo em questão, a “refeição padrão” foi montada considerando os itens estocáveis, para que fosse possível realizar o planejamento de entrega dos mesmos. Sendo assim, após a consulta com especialistas, definiu-se que a refeição padrão para propósitos de demonstração do método aqui proposto seria composta por arroz, feijão e guarnição. Dos diversos tipos de guarnições existentes, foram identificadas três que são compostas basicamente de itens não perecíveis: farofa, massa e polenta. A partir daí, foram obtidas, através dos especialistas, as receitas de cada preparação e a quantidade consumida *per capita*, definindo a quantidade que compõe cada refeição padrão. A matriz BOM resultante é apresentada na Figura 6; todos os valores são apresentados em quilos, com exceção da refeição padrão, que é representada em unidade.

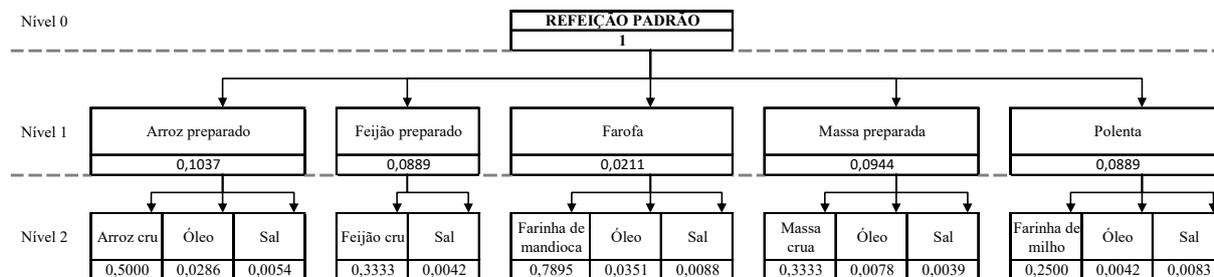


Figura 6: *Bill of Materials*

Fonte: Os autores

Para gerar o relatório MRP, foi observado que as guarnições possuem caráter exclusivo, ou seja, a cada dia é oferecido apenas um tipo de guarnição. Por esse motivo, buscou-se junto ao especialista a frequência com que cada uma das guarnições costuma ser oferecida, informação que foi obtida através do planejamento de cardápio do ano de 2015. Com base na frequência, foi possível estabelecer o intervalo de dias entre a oferta de cada guarnição. A frequência com que cada guarnição será oferecida no período analisado (janeiro a junho de 2015) e o intervalo de dias entre cada oferta são apresentados na Tabela 3.

| Item    | Quantidade de vezes em que aparecerá no cardápio | Intervalo de dias entre as ofertas |
|---------|--|------------------------------------|
| Farofa  | 5  | 36                                 |
| Massa   | 10   | 18                                 |
| Polenta | 9  | 20                                 |

Fonte: Os autores

Tabela 3: Frequência de oferta das guarnições

As previsões de demanda obtidas no segundo passo do método proposto foram divididas pelo número de dias em que os restaurantes estariam abertos, a fim de obter uma previsão diária do número de refeições demandadas. Essa transformação mostrou-se necessária devido ao fato de os *lead times* dos itens serem em dias, tornando inadequado um planejamento mensal de entregas. As previsões diárias foram inseridas no relatório MRP a fim de estabelecer as necessidades de entrega de material. As guarnições foram inseridas no relatório buscando manter o intervalo ilustrado na Tabela 3; quando a colocação do pedido ocorria durante um final de semana ou feriado, o pedido era antecipado para o dia útil anterior.

A Tabela 4 mostra os tamanhos de lotes característicos e *lead times* de cada produto do nível 2 do relatório. O óleo e o sal são usados na preparação de quase todos os itens do nível 1 e, no relatório MRP, as quantidades foram agrupadas de forma que a necessidade bruta de cada um dos dois itens fosse o somatório das necessidades para cada preparação.

| Item                | Lead time (dias) | Lote |
|---------------------|------------------|------|
| Arroz cru           | 5                | 30kg |
| Feijão cru          | 10               | 30kg |
| Farinha de mandioca | 10               | 10kg |
| Massa crua          | 4                | 10kg |
| Farinha de milho    | 10               | 25kg |
| Óleo                | 6                | 18l  |
| Sal                 | 4                | 30kg |

Fonte: Os autores

Tabela 4: *Lead times* e lotes dos produtos

Na sequência, foi gerado o relatório MRP de forma a atender a demanda de refeições gerada pela previsão, atentando para a definição de uma frequência adequada de recebimento de pedidos. Por se tratar de itens alimentícios, que são servidos logo após a preparação, não há estoque dos itens do nível 0 e 1; além disso, considera-se que a liberação do pedido e a entrega agendada ocorrem no mesmo dia da necessidade bruta.

Diversas conclusões de cunho prático são derivadas do relatório gerado. Percebe-se que a quantidade em estoque dos itens farinha de mandioca, óleo e sal no início do ano são suficientes para todo o período de planejamento, não sendo necessário solicitar envio do almoxarifado. Para o sal e o óleo, esse fato é explicado pela utilização dos mesmos em outras preparações (como carnes e saladas), justificando uma quantidade grande em estoque no

início do período analisado. Já a farinha de mandioca é utilizada para a preparação de outros dois produtos, mas que não possuem frequência elevada no cardápio; de tal forma, não se justifica a manutenção de grande quantidade em estoque. Tal constatação mostra que o planejamento de entrega de itens atualmente executado não é adequado, o que se justifica, já que não existe nenhuma ferramenta formal de gestão de estoque sendo utilizada. Os pedidos são realizados com base na experiência dos responsáveis pelo almoxarifado, que definem quando e quanto de cada item é necessário solicitar ao fornecedor.

Percebe-se ainda que a utilização do relatório nos restaurantes universitários é possível, mas, para uma utilização plena e eficaz, são necessárias algumas adaptações. Seria interessante inserir nele todas as preparações realizadas pelos restaurantes, para evitar a ocorrência de planejamentos incompletos de itens (como no caso do sal e óleo). Com base no relatório, não seria necessário solicitar entrega desses itens no período analisado, no entanto sabe-se que os mesmos são utilizados em diversas outras preparações, sendo muito provável que o consumo da quantidade em estoque se esgote durante o período analisado. Sendo assim, o formato adotado para preenchimento do relatório neste artigo é eficaz para os itens que são utilizados exclusivamente numa preparação específica (caso do arroz cru, feijão cru e massa crua). De forma geral, a farinha de mandioca possui outras duas utilizações além da farofa, e a farinha de milho, outras três utilizações além da polenta, mas as duas preparações estudadas nesse artigo são as que ocorrem com mais frequência. Sendo assim, para esses itens, a utilização do relatório também não está totalmente completa, apesar de, no caso da farinha de milho, ter havido necessidade de colocação de pedido.

## 5. Conclusão

O presente estudo propõe a integração de ferramentas de previsão de demanda à estruturação de um relatório MRP com vistas à organização de pedidos de um almoxarifado central de restaurantes universitários. Esse objetivo foi definido devido à inexistência de procedimentos formais de controle operacional no setor estudado.

Para tanto, foi inicialmente realizada uma coleta de dados históricos referentes ao número de refeições servidas ao longo de período específico. Na sequência, cinco diferentes modelos de previsão de demanda foram ajustados aos dados, sendo escolhido aquele que conduzia aos menores valores de erro preditivo (MAPE). A previsão gerada pelo modelo selecionado abasteceu as necessidades brutas do relatório MRP. Gerou-se então uma matriz BOM junto a especialistas para identificar itens e quantidades que compunham uma refeição padrão, assim como as receitas das preparações de cada item. Por fim, gerou-se o relatório MRP a fim de posicionar a colocação de pedidos ao longo de determinado horizonte de operação.

Após a coleta dos dados históricos de demanda, percebeu-se que os mesmos possuíam padrão sazonal. Depois de testados os modelos de previsão de demanda, identificou-se que o melhor modelo para prever a demanda de refeições no setor estudado é o método de *Holt-Winters* multiplicativo. Esse modelo apresentou o menor MAPE dentre os modelos analisados e, portanto, possui a melhor capacidade preditiva. Ao elaborar o relatório MRP foi possível constatar que a atual forma de solicitação de entrega de itens não é adequada. Por sua vez, o relatório MRP mostrou-se adequado para os itens de nível 2 arroz, feijão e massa, e incompleto para os demais itens, visto que os mesmos são usados em diferentes preparações que não estavam incluídas no estudo. Para uma utilização plena da ferramenta, é necessário inserir no relatório todas as preparações feitas pelos restaurantes. Por fim, o fato de apenas um especialista ter respondido as questões pode ter afetado a precisão dos dados, visto que os

dados usados na elaboração da BOM e na frequência de oferta das guarnições foram coletados considerando o comportamento de apenas um dos seis restaurantes existentes.

### Referências Bibliográficas

- ANG, J. S. K.; SUM, C. C.; YEO, L. N. *A multiple-case design methodology for studying MRP success and CSFs*. Information & Management. Vol. 39, n. 4, p. 271-281, 2002.
- BARRILARI, T. F.; PÁDUA, F. S. M. *A utilização do sistema MRP como fator competitivo na organização*. Interface Tecnológica. Vol. 5, n. 1, p. 105-114, 2008.
- CHRISTODOULOS, C.; MICHALAKELIS, C.; VAROUTAS, D. *Forecasting with limited data: Combining ARIMA and diffusion models*. Technological Forecasting & Social Change. Vol. 77, n. 4, p. 558-565, 2010.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. *Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- GOTTARDI, G.; SCARSO, E. *Diffusion models in forecasting: A comparison with the Box-Jenkins approach*. European Journal of Operational Research. Vol. 75, n. 3, p. 600-616, 1994.
- KHASHEI, M.; BIJARI, M. *An artificial neural network (p, d, q) model for timeseries forecasting*. Expert Systems with Applications. Vol. 37, n. 1, p. 479-489, 2010.
- KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. *Administração de produção e operações*. 8 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
- LUSTOSA, L. et al. *Planejamento e controle da produção*. 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- MANTHOU, V.; VLACHOPOULOU, M.; THEODOROU, P. *The implementation and use of material requirements planning system in North Greece: A case study*. International Journal of Production Economics. Vol. 45, n. 1-3, p. 187-193, 1996.
- MARTINS, V. W. B. et al. *Utilização do MRP como ferramenta de apoio ao planejamento e controle da produção em uma empresa de panificação*. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA REGIÃO SUL, 3, 2014. Joinville.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. *Análise de séries temporais*. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.
- PETRONI, A. *Critical factors of MRP implementation in small and medium-sized firms*. International Journal of Operations & Production management. Vol. 22, n. 3, p. 329-348, 2002.
- SILVA, J. E. O.; PACHECO, A. S. V.; BERNARDES, J. F. *Estoques no serviço público: um estudo de caso no almoxarifado central da Universidade de Santa Catarina*. In: IX COLÓQUIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO UNIVERSITÁRIA NA AMÉRICA DO SUL, 2009. Florianópolis.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. 3ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- TRIDAPALLI, J. P.; FERNANDES, E.; MACHADO, M. V. *Gestão da cadeia de suprimento do setor público: uma alternativa para controle de gastos correntes no Brasil*. Revista de Administração Pública. Vol. 45, n. 2, p. 401-433, 2011.
- WANG, C. C. *A comparison study between fuzzy time series model and ARIMA model for forecasting Taiwan export*. Expert Systems with Applications. Vol. 38, n. 9, p. 9296-9304, 2011.