

# APLICAÇÃO DO MODELO DE PREVISÃO DE DEMANDA HOLT- WINTERS EM UMA REGIONAL DE CORTE E DOBRA DE AÇO

**Marcos Bruno Santos Pereira Lima (UNIVERSO)**

mbsanttos@hotmail.com

**Wagner Barbosa dos Santos (UFPE)**

wagner\_b\_santos@hotmail.com

**Enrique Lopez Droguett (UFPE)**

ealopez@ufpe.br

**Helder Henrique Lima Diniz (UFPE)**

Helderhld@gmail.com

**Rita de Cassia Barbosa Santos (UNIVERSO)**

ritasantos706@gmail.com



*A procura de uma maior vantagem competitiva, as empresas inseridas num cenário globalizado estão buscando métodos mais precisos de previsão de demanda, evitando investimentos irrelevantes, melhor gestão de estoques e atendimento mais eficaz ao mercado consumidor. Esse estudo foi realizado em uma regional de corte e dobra de aço, que compreende seis unidades fabris de produção localizadas nas regiões norte e nordeste do Brasil, com a intenção de propor uma melhor adequação na programação de operações por meio do método Holt-Winters na previsão de demanda para séries temporais.*

*Palavras-chave: previsão de demanda, aço, Holt-Winters.*

## 1. Introdução

Durante a Primeira Guerra Mundial (1914-1918), o Brasil importava quantidades expressivas de produtos laminados de aço, mas o objetivo era fortalecer a indústria nacional diminuindo de forma gradativa a dependência externa. Uma das maiores preocupações para os futuros líderes do País se tornou a busca de meios para que a indústria nacional se tornasse robusta e com a mesma qualidade das indústrias internacionais, limitando a dependência do país por insumos provenientes de importações.

Atualmente, os problemas para o contínuo desenvolvimento da indústria do aço brasileira são a alta carga de impostos e gargalos na logística que prejudicam a competitividade do setor. Outro fator que aumenta ainda essa competitividade é o aço chinês que, segundo o Relatório de Sustentabilidade 2014 do Instituto Aço Brasil, teve um aumento de mais de 36 % nas importações em apenas 13 anos.

Os resultados abaixo do esperado afetam os segmentos de maior consumo de aço, que são a construção civil, o setor automotivo e o de bens de produção, que respondem juntos por um total de 80% do consumo de aço nacional (IAB, 2014). A estagnação do crescimento desses setores, prejudica de forma geral as diversas ramificações do setor de aço, o que levou a uma queda nas vendas no ano de 2012.

O objetivo do presente trabalho foi apresentar um modelo de previsão de demanda quantitativo que se adeque as necessidades da empresa estudada, com a finalidade de propor melhorias no processo de previsão, redução dos estoques e transferência apenas da matéria-prima que será utilizada no período previsto.

## 2. Fundamentação teórica

### 2.1. Previsão de demanda

A previsão de demanda é um processo que busca informações das vendas futuras de um ou mais itens, fornecendo assim, informações sobre a qualidade e a localização dos produtos. O papel desempenhado pela previsão é de grande importância em diversas áreas de gestão nas organizações, pois auxiliam na visualização de cenários futuros e planejamento de suas ações, buscando informações sobre vendas de um item ou um conjunto deles (Moreira, 2008).

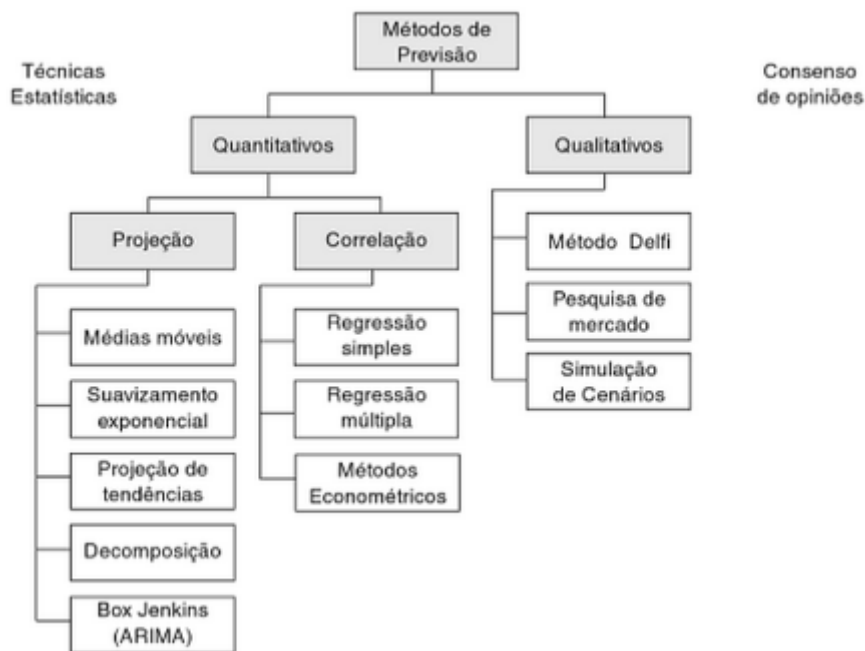
## 2.2. Modelos de previsão

Segundo Tubino (2009), as características inerentes a todas as técnicas de previsão são:

- Supor que as causas que influenciaram a demanda passada continuem agindo no futuro;
- A não existência de previsão perfeita por conta da impossibilidade de prever todas as variações aleatórias que possam ocorrer;
- A exatidão das previsões diminui gradativamente com o aumento do período de tempo analisado;
- A previsão de um grupo de produtos é mais precisa que a de produtos individuais, visto que, na análise do grupo os erros individuais são minimizados.

Os métodos são habitualmente divididos em dois grupos, os qualitativos que se baseiam no julgamento de pessoas para a determinação de demandas futuras e os quantitativos que fazem uso de modelos matemáticos para obtenção de valores previstos. Na **Figura 1**, verifica-se de forma geral a divisão dos modelos.

Figura 1 - Alguns métodos de previsão de demanda



Fonte: LUSTOSA *et al*, (2008)

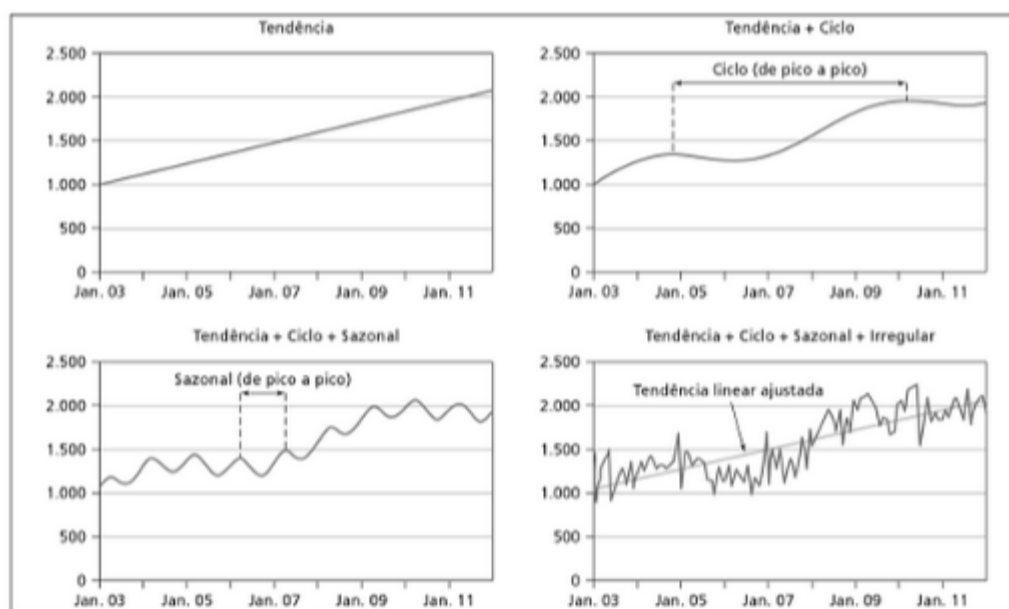
## 2.2.1. Modelos Quantitativos

Segundo Moreira (2008), os métodos quantitativos utilizam modelos matemáticos para realizar as previsões e permitem o controle do erro encontrado. Porém é necessária uma quantidade preliminar de informações para que seja possível a realização da previsão. Esse método difere do modelo quantitativo exatamente por sua objetividade.

### 2.2.1.1. Séries temporais

A série temporal traz uma sequência de observações notadas ao longo de um intervalo de tempo, com o espaçamento dos períodos analisados iguais com o objetivo de facilitar a observação dos dados. Num gráfico de uma série temporal, é normal que se consiga verificar particularidades da seleção de dados, tais como sazonalidade, tendência, ciclos e ruídos aleatórios.

Figura 2 - Quatro componentes de uma série temporal



Fonte: DOANE e SEWARD, (2014)

Conforme a **Figura 2** é possível verificar os quatro componentes já citados. São eles:

- Tendência: representa o crescimento ou decaimento da série ao longo do tempo;
- Ciclo: movimentos ondulatórios de longo prazo na série;
- Sazonalidade: movimentos ondulatórios de curto e médio prazo na série;
- Ruído aleatório: todas as variações que não são explicadas por nenhum dos outros componentes.

#### 2.2.1.1.1. Suavização exponencial

Nos modelos de suavização exponencial, as observações mais recentes recebem uma ponderação maior que as antigas, decaindo os pesos exponencialmente cada vez que se possuem dados mais recentes, a fim de colaborar para uma maior acurácia nos valores obtidos. São modelos simples, de fácil ajuste nas informações e precisos.

#### 2.2.1.1.2. Suavização exponencial simples

O método de suavização exponencial simples é fundamentado na ponderação de valores analisados da série temporal, com a atribuição de pesos maiores aos dados mais recentes e menores aos mais remotos. Para isso existe a presença de uma constante de suavização chamada  $\alpha$  que varia em torno de 0 e 1.

Na equação (1) a seguir, vê-se a representação matemática dada por (Makridakis, Wheelwright, & Hyndman, 1998)

$$\hat{Z}_{t+1} = \alpha Z_t + (1 - \alpha)\hat{Z}_t \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (1)$$

Onde  $\hat{Z}_{t+1}$  é a previsão de demanda no período  $t+1$ , sendo feita no tempo  $t$ ,  $\alpha$  é a constante de suavização que recebe um valor que está entre 0 e 1,  $Z_t$  é a demanda no período  $t$  e  $\hat{Z}_t$  é a previsão no período  $t$ .

O valor a ser definido para a constante de suavização  $\alpha$ , dependerá das iterações realizadas para comparações de erros.

### 2.2.1.1.3. Modelo de Holt (suavização exponencial dupla)

A suavização exponencial dupla foi desenvolvida por Holt (1957) e tem como diferença do modelo simples a utilização de duas constantes de suavização,  $\alpha$  e  $\beta$ . Nesse método, também chamado de modelo de Holt, é possível fazer a análise de séries temporais com tendência linear crescente ou decrescente, sendo constituído por três equações (Makridakis, Wheelwright, & Hyndman, 1998)

$$L_t = \alpha Z_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (2)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad 0 \leq \beta \leq 1 \quad (3)$$

$$\hat{Z}_{t+n} = L_t + nT_t \quad (4)$$

Onde  $L_t$  é o nível estimado para a série no tempo  $t$ ,  $T_t$  é a tendência estimada da série no mesmo período de tempo  $t$ ,  $\hat{Z}_{t+n}$  é a previsão para o período  $t + n$  e  $n$  é o número de períodos a serem previstos.

O modelo de Holt possui duas constantes de suavização, sendo  $\alpha$  e  $\beta$  que são encontradas por iterações a fim de buscar o menor erro médio quadrático, por exemplo. Os seus valores sempre irão variar entre 0 e 1.

As equações (2) e (3) são responsáveis pela estimativa de nível e inclinação da série temporal, já a (4) calcula a previsão de demanda nos próximos  $n$  períodos.

### 2.2.1.1.4. Modelo de Holt-Winters (suavização exponencial tripla)

O método Holt-Winters é muito utilizado quando se possui a necessidade de calcular previsões em séries temporais que possuem tendência e sazonalidade, trata-se de uma extensão do modelo de Holt (1957) desenvolvida por Winter (1960).

Segundo Lawton (1998) no método de suavização exponencial triplo são observados dois grupos: multiplicativo e aditivo.

### 2.2.1.1.5. Modelo de Holt- Winters multiplicativo

O modelo sazonal multiplicativo possui uma variação da amplitude do ciclo sazonal proporcional ao nível da série ao longo do período de tempo, sendo representado pelas equações (Makridakis, Wheelwright, & Hyndman, 1998)

$$L_t = \alpha \frac{Z_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}); 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (5)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}; \quad 0 \leq \beta \leq 1 \quad (6)$$

$$S_t = \gamma \frac{Z_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s}; \quad 0 \leq \gamma \leq 1 \quad (7)$$

$$\hat{Z}_{t+k} = (L_t + kT_t)S_{t-s+k} \quad (8)$$

Sendo:

- $L_t$ : componente nível;
- $T_t$ : componente tendência;
- $S_t$ : componente sazonalidade;
- $\hat{Z}_{t+k}$ : previsão para  $k$  períodos a frente;
- $\alpha$ : constante de suavização para estimativa de nível ( $0 \leq \alpha \leq 1$ );
- $\beta$ : constante de suavização para estimativa de tendência  
( $0 \leq \beta \leq 1$ );
- $\gamma$ : constante de suavização para estimativa de sazonalidade ( $0 \leq \gamma \leq 1$ );
- $Z_t$ : valor real observado no período de tempo  $t$ ;
- $k$ : quantidade de períodos futuros a serem previstos;

- $s$ : estação completa da sazonalidade.

O As funções (5), (6) e (7) são utilizadas para estimativa do nível, da tendência e da sazonalidade respectivamente, no período de tempo atual e valores referentes ao fator sazonal do último período de sazonalidade. Já os valores das constantes de suavização  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  são responsáveis pelo controle do peso relativo ao nível, tendência e sazonalidade. A equação (8) é responsável pela projeção dos valores futuros da série, sendo  $\hat{Z}_{t+k}$  a previsão de  $n$  períodos à frente do tempo atual  $t$ .

Antes de se realizar os cálculos, faz se necessário os valores iniciais de nível, tendência e sazonalidade.

Para o nível, os valores iniciais são encontrados a partir da média da primeira estação  $s$ .

$$L_s = \frac{1}{s}(Z_1 + Z_2 + \dots + Z_s) \quad (9)$$

Para a tendência, é aconselhado o uso de duas estações completas  $2s$ .

$$T_s = \frac{1}{s} \left( \frac{Z_{s+1} - Z_1}{s} + \frac{Z_{s+2} - Z_2}{s} + \dots + \frac{Z_{s+s} - Z_s}{s} \right) \quad (10)$$

Para o componente de sazonalidade é necessário ao menos uma estação completa de dados,  $s$  períodos.

$$S_1 = \frac{Z_1}{L_s}, S_2 = \frac{Z_2}{L_s}, \dots, S_s = \frac{Z_s}{L_s} \quad (11)$$

### 2.2.1.1.6. Modelo de Holt- Winters aditivo

O modelo sazonal aditivo é utilizado na modelagem de dados quando a amplitude da variação sazonal permanece constante ao longo dos períodos de tempo. Este modelo é representado pelas seguintes equações matemáticas (Makridakis, Wheelwright, & Hyndman, 1998):

$$L_t = \alpha(Z_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}); 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (12)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}; \quad 0 \leq \beta \leq 1 \quad (13)$$

$$S_t = \gamma(Z_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s}; \quad 0 \leq \gamma \leq 1 \quad (14)$$



$$\hat{Z}_{t+k} = L_t + kT_t + S_{t-s+k} \quad (15)$$

É possível verificar que a equação da tendência (13) continua igual a do modelo multiplicativo. Já a de nível (12), sazonalidade (14) e previsão para  $k$  períodos a frente (15) contém mudanças sutis, onde verifica-se que o componente de sazonalidade já não realiza operações de divisão e multiplicação, essas sendo substituídas por operações de soma e subtração.

Para iniciar o processo de previsão são necessários valores iniciais para  $L_t$ ,  $T_t$  e  $S_t$ . Porém para os componentes de nível e tendência, os cálculos serão os mesmos do modelo multiplicativo. A diferença ocorrerá para o cálculo do componente sazonal:

$$S_1 = z_1 - L_s, S_2 = z_2 - L_s, \dots, S_s = z_s - L_s \quad (16)$$

As constantes de suavização de nível, tendência e sazonalidade permanecem com valores entre 0 e 1.

### 2.2.2. Critérios para avaliação do modelo de previsão

Diversos modelos podem ser utilizados na previsão de demanda, porém para chegar ao que apresenta o melhor resultado em comparação aos demais é necessário um processo de análise. Através da equação (PELLEGRINI, 2000)

$$e_t = Z_t - \hat{Z}_t \quad (17)$$

Onde  $e_t$  é o erro de previsão para o período de tempo  $t$ ,  $Z_t$  é valor real da demanda e  $\hat{Z}_t$  é o valor previsto da demanda, é possível realizar um somatório de todos estes erros acumulados, porém estes erros de previsão poderão retornar valores positivos e negativos, e assim contribuir para anulação do somatório dos erros. Desta forma, foram desenvolvidos critérios para calcular a soma destes valores e apresentar resultados coerentes. Seguem os critérios mais utilizados:

- Média dos Quadrados dos Erros (MSE)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (e_t)^2 \quad (18)$$

- Média Percentual Absoluta dos Erros (MAPE)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{Z_t} \times 100 \right| \quad (19)$$

- Média Percentual dos Erros (MPE)

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{\epsilon_t}{Z_t} \quad (20)$$

- Média Absoluta dos Erros (MAD)

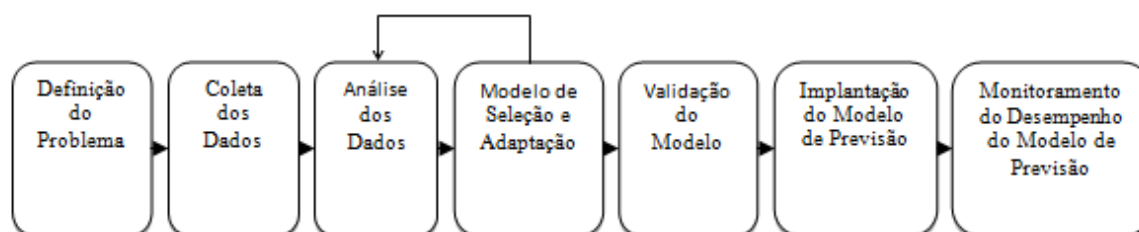
$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (21)$$

### 3. Metodologia

Dentro dos modelos de previsão analisados para realização do estudo, foram selecionados os métodos Holt-Winters multiplicativo e o Holt-Winters aditivo, escolhidos de acordo com suas capacidades de identificação de sazonalidade, nível e tendência em uma série temporal.

As atividades realizadas para construção do modelo de previsão de demanda seguem um processo, que tem como objetivo estruturar o modelo a ser escolhido nas previsões que surgirão. Como visto na **Figura 3** é possível observar todas as etapas necessárias para que o processo de previsão possa operar em perfeitas condições:

Figura 3 - Processo de Previsão



Fonte: Adaptado de MONTGOMERY, JENNINGS e KULAHCI, (2008)

Este trabalho segue a metodologia sugerida por Montgomery, Jennings e Kulahci (2008), que recomenda um estudo da série temporal seguindo os passos da figura 3.

#### 3.1. Definição do problema

Segundo MONTGOMERY *et al* (2008), esta etapa é fundamental entender como a previsão será usada e quais as expectativas de quem utilizará o método. As dúvidas devem ser sanadas nesta fase e juntamente com as decisões sobre como o modelo será ajustado, por exemplo: o intervalo de tempo usado, o risco que estará implícito, etc.

A maneira de como o cliente será satisfeito com o novo modelo de previsão a ser adotado, está diretamente ligado de como a etapa de definição do problema será realizada.

### **3.2. Coleta de dados**

Na etapa da coleta de dados é necessário obter todo o histórico de dados que sejam relevantes para a previsão. Dificuldades como ausência de dados, por exemplo, serão comuns independente do modelo a ser adotado.

Além da análise dos dados históricos, será necessário coletar e armazenar todos os dados futuros, para que seja possível preservar e checar a confiabilidade das previsões.

### **3.3. Análise dos dados**

Será na análise dos dados que os padrões reconhecíveis da série temporal serão observados. Esses padrões poderão se dividir em tendência, sazonalidade e outros componentes recorrentes na série.

A tendência a ser observada poderá apresentar-se de duas formas, mais longa ou mais curta dependendo muito da série a ser analisada. Já a sazonalidade acontecerá de forma repetitiva em um intervalo de tempo específico ou variável. Os pontos espúrios devem ser sinalizados para que a previsão não sofra influência de dados irregulares. É importante analisar estas características para que seja possível identificar os melhores modelos a serem adotados e como explorá-los.

### **3.4. Modelo de seleção e adaptação**

Selecionar e adaptar o modelo servirá para que seja possível escolher um ou mais métodos e ajustá-los de acordo com os dados. Torna-se válido em etapas futuras a análise de desempenho do modelo, que caberá ao responsável pela execução esta decisão de acordo com as características dos dados que estão envolvidos.

### **3.5. Validação do modelo**

A validação será realizada com o objetivo de checar a acurácia do modelo de previsão de

demanda e definir se é possível encontrar resultados satisfatórios.

Essa validação contará com uma análise dos dados históricos e a verificação dos erros encontrados nas novas previsões fornecidas, assim será possível considerar se o modelo atenderá as expectativas quando receber uma nova série de dados para previsão.

### **3.6. Implantação do modelo de previsão**

Nesta etapa torna-se necessária a obtenção do modelo de previsão desenvolvido e todas as previsões resultantes, logo é fundamental que o responsável pelas previsões entenda como fazer uso do modelo e como gerar as previsões de forma rotineira.

É importante também garantir a manutenção do modelo de previsão, para que o mesmo continue recebendo o volume necessário de dados para sua operação.

### **3.7. Monitoramento do desempenho do modelo de previsão**

Monitorar o desempenho será uma atividade que fará parte da rotina da equipe responsável pelas previsões e fará com que o modelo funcione de forma satisfatória. Pois as condições podem mudar com o passar do tempo e contribuir para que o modelo não seja mais o ideal para aquele intervalo.

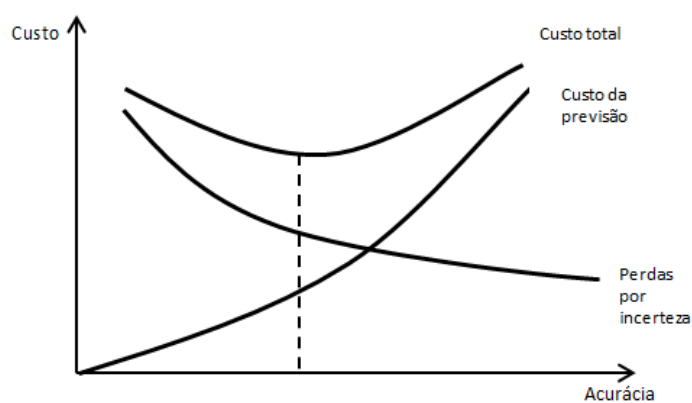
Para auxiliar no monitoramento é essencial possuir gráficos de controle, pois são de fácil compreensão e de rápido entendimento para verificação rotineira.

## **4. Estudo de caso**

### **4.1. Definição do problema**

Analisando o histórico de previsões passadas é possível verificar que o atual modelo realizado por consultoria externa não reflete a realidade da demanda, não possuindo controle da variável sazonalidade. Sem esta estrutura, não era possível enxergar momentos de periodicidade das solicitações, contribuindo para que parte da carteira de clientes tivessem suas entregas prejudicadas.

Figura 4 - Relação entre a acurácia e o custo da previsão



Fonte: Adaptado de MONTGOMERY *et al.*, (1990)

Analisando a **Figura 4**, é possível observar que em um ponto específico do gráfico o custo da previsão atinge um ponto ótimo, mostrando que a partir deste ponto os gastos com a previsão já não influenciam de forma expressiva no aumento da acurácia. Na regional de corte e dobra de aço analisada, os gastos com a previsão de demanda superavam as perdas por incerteza, porém não refletiam a realidade do mercado.

Vista a necessidade de diminuição dos gastos nas previsões e a busca de modelos com o menor erro possível, foi imprescindível montar o escopo para a realização deste trabalho. O objetivo é substituir o modelo de previsão antigo por um dos métodos analisados de Holt-Winters, aumentando o percentual de atendimento dos clientes no prazo e minimizando os custos com previsões falhas e estoques altos.

#### 4.2. Coleta dos dados

Para realização deste trabalho foram analisados dados de relatórios extraídos do sistema de gestão utilizado pela empresa, todos eles sendo armazenados e estudados no *software* Microsoft Excel 2010. Os dados são referentes ao volume total faturado do aço cortado e dobrado de espessura 20,0mm durante janeiro de 2010 até junho de 2013, compreendendo um total de 42 períodos de observação.

Como as análises atuais para planejamento de produção são realizadas em meses, o período de tempo escolhido para estudo foi o mesmo, a fim de contribuir ao máximo com a realidade das situações.

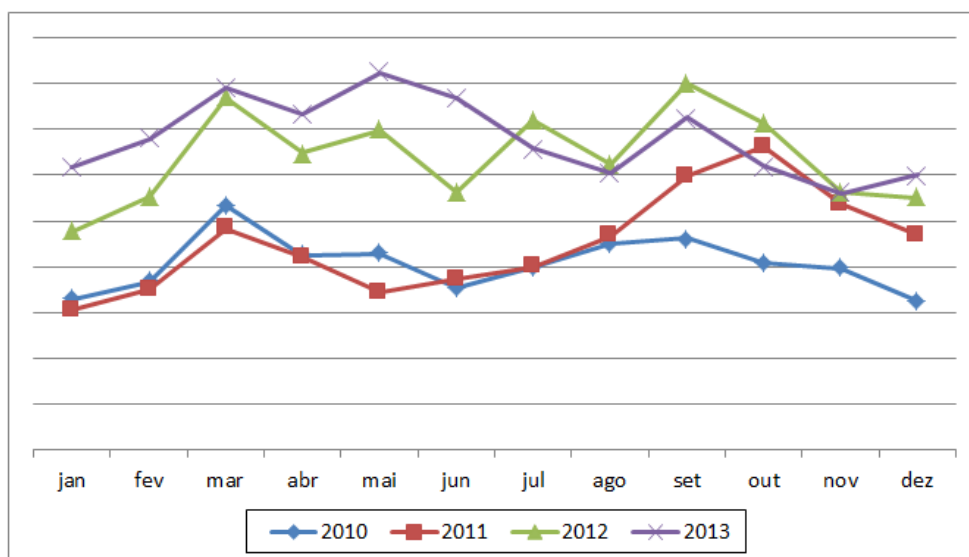
É válido ressaltar que não foi permitida por parte da empresa a divulgação do nome da mesma e nem do volume total faturado nos meses de estudo. Nos gráficos exibidos nos próximos

tópicos, o eixo das ordenadas não irá constar valores referentes ao volume, portanto as análises serão focadas apenas no desempenho dos modelos.

### 4.3. Análise dos dados

Com o auxílio do *software* Microsoft Excel 2010 e com os dados de faturamento do período a ser analisado, foi construído um gráfico com os volumes de venda do aço de 20,0mm faturado na regional norte e nordeste que compreende atualmente seis unidades fabris.

Gráfico 1 - Demanda distribuída por anos



Fonte: Elaborado pelo autor

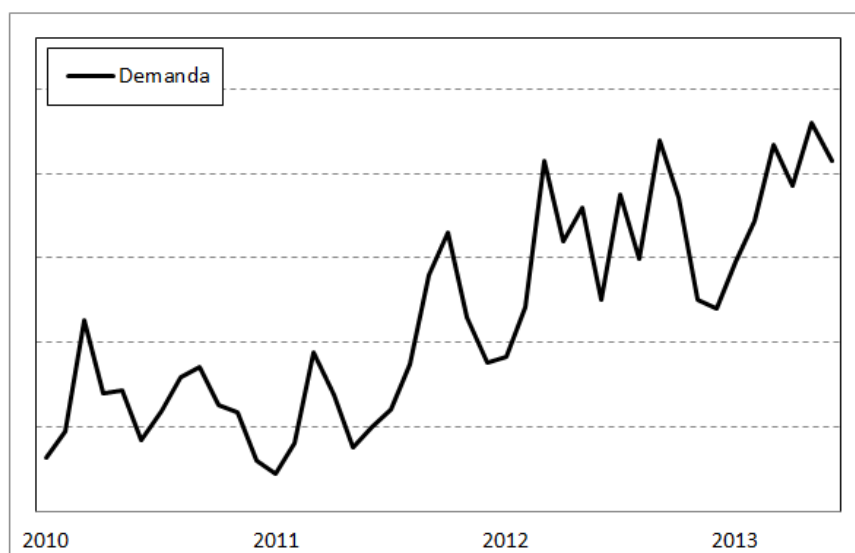
Antes de se construir o gráfico, foi excluído todos os valores espúrios e eventos atípicos para que as previsões a serem feitas não perdessem sua acurácia.

É possível verificar que o gráfico 1 possui o componente tendência e sazonalidade. É de fácil visualização o crescimento gradual a partir de 2011, e também os ciclos de variação que ocorrem em média durante os meses de março e setembro.

#### 4.4. Modelo de seleção e adaptação

A escolha do método de Holt-Winters para elaboração do estudo foi baseada nas análises realizadas na série temporal, pois o comportamento exibia componentes importantes que o método adotava. Desta forma, foi possível realizar o estudo com as duas variações do Holt-Winters, a multiplicativa e a aditiva, pois ambas se ajustam as particularidades das demandas reais.

Gráfico 2 - Demanda real observada



Fonte: Elaborado pelo autor

No gráfico 2, é possível visualizar de forma contínua toda a seleção de dados até o período anterior que serão realizadas as previsões. Nele já encontramos os componentes mencionados

no tópico passado como tendência e sazonalidade.

#### 4.5. Validação do modelo

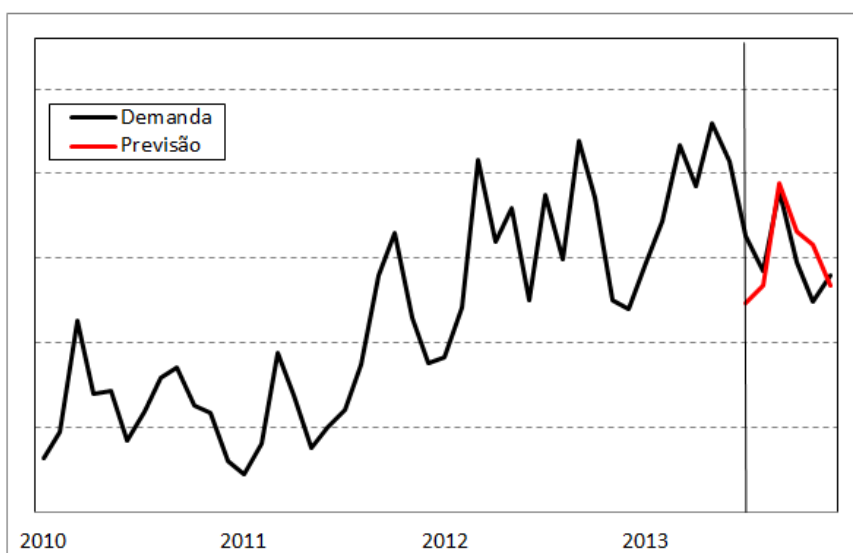
A série temporal foi processada pelo pacote operacional com os dados referentes a volumes de vendas de aço 20.0mm para a regional norte e nordeste. O intervalo de dados contempla desde janeiro de 2010 até junho de 2013, um total de 42 observações.

O horizonte de previsão adotado será de 6 meses, logo teremos previsões de julho até dezembro de 2013, um intervalo razoável para analisar a adaptação dos modelos escolhidos.

##### 4.5.1. Holt-Winters multiplicativo

Ao processar todo o pacote de dados no modelo de previsão Holt-Winters multiplicativo, obtemos o gráfico 3:

Gráfico 3 - Previsão do modelo multiplicativo



Fonte: Elaborado pelo autor

Com todos os dados disponíveis, é possível partir para análise dos erros e identificar o quanto



os valores satisfazem a necessidade da empresa. Na tabela 1, as estatísticas de MSE, MAD e MAPE ficaram com valores satisfatórios, o que faz com que o método de análise Holt-Winters multiplicativo seja uma opção vantajosa para a empresa.

Tabela 1

Modelo	MSE	MAD	MAPE
Holt-Winters Multiplicativo	69.353	212	17,74%

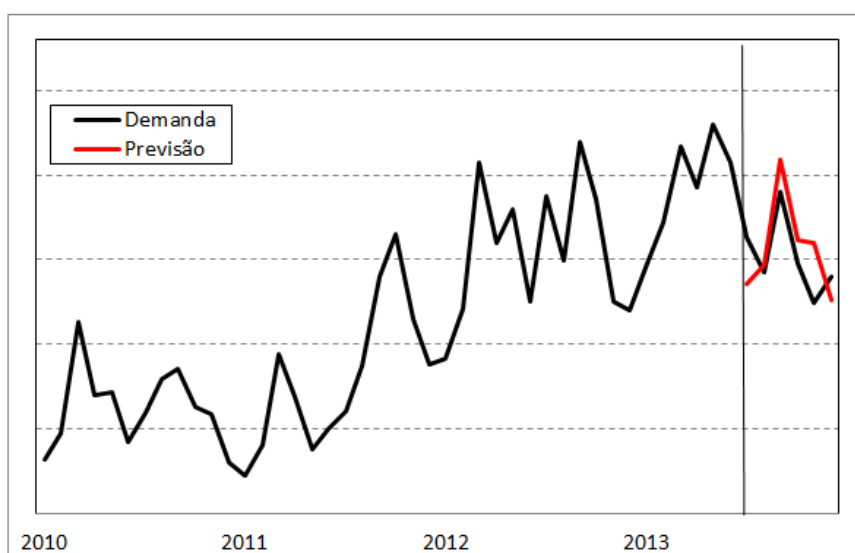
Fonte: Elaborada pelo autor

Segundo os dados apresentados no modelo, a média do quadrado dos erros (MSE) apresentou um total de 69.353 toneladas de aço, a média absoluta dos erros (MAD) apresentou um total de 212 toneladas de aço, um valor bem aceitável de acordo com as oscilações que o mercado passa, e esse valor de MAD é equivalente a um MAPE de 17,74%.

#### 4.5.1. Holt-Winters aditivo

No gráfico 4 é apresentado o modelo de Holt-Winters Aditivo, que servirá de base para comparações com o método multiplicativo:

Gráfico 4 - Previsão do modelo aditivo



Fonte: Elaborado pelo autor

Visualmente o gráfico do modelo aditivo se assemelha bastante do modelo multiplicativo,

porém em valores absolutos as diferenças se sobrepõem. Como é possível observar na tabela 2, a média do quadrado dos erros (MSE) possui um valor de 39.797 toneladas de aço, com um MAD de 156 toneladas de aço que corresponde a uma média percentual absoluta dos erros de 14,06%.

Tabela 2

Modelo	MSE	MAD	MAPE
Holt-Winters Aditivo	39.797	156	14,06%

Fonte: Elaborada pelo autor

#### 4.6. Implantação do modelo de previsão

Agora que os modelos foram executados e os dados analisados, cabe ao futuro responsável pelo processo, que no caso deste trabalho será a área de PCP da unidade, incorporar em sua rotina essa execução.

Além da execução do modelo é necessário que seja realizada a manutenção do mesmo, a fim de garantir um volume satisfatório de dados para que os resultados não sejam impactados.

#### 4.7. Monitoramento do desempenho do modelo de previsão

Com auxílio de gráficos de controle será possível analisar se durante o período as condições para o funcionamento do modelo de previsão mudaram, e se será necessária a alteração do modelo de previsão caso ele já não apresente resultados satisfatórios.

Logo a equipe de planejamento e controle da produção, se encarregará de monitorar de forma constante as previsões até quando tornar-se necessário a aplicação do modelo escolhido.

### 5. Resultados

Com a seleção dos dois métodos de Holt-Winters, partiu-se para as análises dos erros e aderência com as previsões em um horizonte de 42 períodos, o que se mostrou satisfatório quando foram encontrados os resultados referentes a 6 períodos futuros.

Na tabela 3 é possível verificar as diferenças encontradas nos métodos analisados:

Tabela 3

Modelo	MSE	MAD	MAPE
Holt-Winters Multiplicativo	69.353	212	17,74%
Holt-Winters Aditivo	39.797	156	14,06%

Constata-se que o modelo aditivo de Holt-Winters conseguiu um desempenho superior ao multiplicativo, se ajustando melhor à série temporal. Um dos motivos se deve a amplitude da variação sazonal permanecer próxima a uma constância, o que beneficia as previsões do modelo aditivo.

Em relação a resultados obtidos além dos já mencionados, é relevante citar como qualitativo:

- Equipe de planejamento e controle de produção melhor capacitada para futuros ajustes e análises no modelo de previsão.

E como resultados quantitativos:

- Redução de 17% na perda metálica do item selecionado;
- Maior capital de giro devido à redução dos estoques;
- Redução de 8,5% nos gastos com logística;

## 6. Conclusão

No presente artigo procurou-se apresentar um modelo de previsão de demanda que melhor se adequasse a empresa estudada, após a análise dos modelos de previsão de demanda optou-se pelos modelos de Holt-Winters multiplicativo e aditivo.

Com a seleção e análise dos dois métodos percebeu-se que o modelo Holt-Winters aditivo conseguiu um desempenho superior ao multiplicativo, se ajustando melhor a série temporal.

Finalmente é importante ressaltar que os modelos de previsão aplicado em qualquer processo de previsão não deve ser estático, o modelo deve ser monitorado para verificar a sua acurácia de previsão, em se percebendo que o modelo não atende as expectativas, o mesmo deve ser novamente atualizado, podendo esta atualização ser dos parâmetros do modelo adotado ou até mesmo a substituição total do modelo por um outro mais adequado. Esta atualização se faz necessário pelo fato dos fatores que influenciam as variáveis de previsão serem dinâmicos no tempo, fazendo com que os fatores do passado não influenciem o comportamento da previsão

no presente e no futuro.

## REFERÊNCIAS

DOANE, D. P.; SEWARD, L. E. **Estatística Aplicada à Administração e Economia**. 4ª.ed. São Paulo: Mc Graw Hill, 2014. 864p.

GARDINER, J.; JOHNSON, L.; MONTGOMERY, D. C. **Forecasting and Time Series Analysis**. New York: Mc Graw Hill, 1990.

HOLT, C. C. **Forecasting Trends and Seasonals by Exponentially Weighted Averages**.ONR Memorandum, n. 52, Carnegie Institute of Technology, Pittsburgh, USA, 1957.

HYNDMAN, R. J.; MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C. **Forecasting: Methods and Applications**. 3ª. ed. New York: John Wiley& Sons, 1998.

INSTITUTO AÇO BRASIL **Aço Brasil - Uma Viagem Pela Indústria do Aço**. Belo Horizonte: Escritório de Histórias, 2013. 191p.

JENNINGS, C. L.; KULAHCI, M.; MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Time Series Analysis and Forecasting**.2ª.ed. New York: John Wiley & Sons, 2008. p.1-17.

LAWTON, R. **How Should Additive Holt-Winters Estimates Be Corrected?**.International Journal of Forecasting, v.14, n.3, p.393-403, 1998.

LUSTOSA *et al.* **Planejamento e Controle da Produção**. Volume 4. ed. Rio de Janeiro: Campus Elsevier, 2008. 376p.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 2ª. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 624p.

PELLEGRINI, F. R. **Metodologia Para Implementação de Sistemas de Previsão de Demanda**. 2000. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - UFRGS, Porto Alegre, 2000.

SIMONSEN, R. C. **Evolução Industrial do Brasil e Outros Estudos**. São Paulo: Brasilianna, 1973. 479p.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção**. 2ª. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 208p.

WINTERS, P. R. **Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving**

**Averages.** Management Science, v. 6, n.3, p.324-342, 1960.

**Instituto Aço Brasil.** Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/>> Acesso em: 25 set. 2014