

## **APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PREVISÃO NA PRODUÇÃO CAFEIEIRA DE PEQUENOS AGRICULTORES DA REGIÃO DE MANHUAÇU-MG**

***Autor: Myllena Lopes de Melo***

***Orientador: Marcelus Xavier Oliveira***

***Curso: Engenharia de Produção Período: 10º Área de Pesquisa:  
Planejamento e Controle de Produção***

**Resumo:** A produção cafeeira no Brasil é muito elevada, com isso na região de Manhuaçu concentra se uma grande produção, sendo assim com base nos dados tem como possibilidade analisar através das técnicas de previsão fazer uma comparação entre elas qual seria a melhor a utilizar para poder ter uma melhor definição de sua demanda. Utilizou se as técnicas de Média Móvel simples, Média Exponencial, *Holt Winters* e Regressão Linear, utilizando se a planilha do Excel e também o Minitab aplicando o teste t de 2 amostras e o teste de 2 amostras da variância. Onde apresentou melhor acurácia com a técnica de previsão Média Móvel.

**Palavras-chave:** Técnicas de Previsão. Planejamento e Controle da Produção. Cafeicultura.

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de cafés é comumente associada como sinônimo de progresso e ocupa uma parte muito importante não só na história brasileira bem como no setor agropecuário, segundo o ministério da agricultura, o produto figura entre os dez principais setores exportadores, representando 9,8% das exportações brasileiras (Café no Brasil, 2018). Atualmente, a produção cafeeira representa uma fonte relevante de receitas para centenas de municípios, segundo o próprio Ministério da Agricultura, este setor configura como o principal gerador de trabalho na agropecuária nacional. Os desempenhos da exportação e do consumo interno de café implicam na sustentabilidade econômica do produtor e de sua atividade.

Dada a importância desse cenário, o bom planejamento e controle da produção (PCP) cafeeira por parte dos produtores se torna uma relevante ferramenta competitiva dentro do cenário nacional. Além disto, o PCP é uma das mais estudadas áreas dentro da Engenharia de Produção, uma vez que, faz parte do cotidiano gerencial de uma empresa para aplicação dos conceitos de gestão dos custos, mão de obra, matéria prima, entre outros. Logo, realizar o planejamento da produção e controlá-la é fundamental para o bom rendimento de qualquer organização.

Uma das técnicas amplamente estudadas no PCP são as previsões de demanda, que auxiliam na determinação de que recursos são necessários, na programação dos recursos existentes, aquisição de recursos adicionais e permite diminuir estoques ao longo de cadeias produtivas (VOLLMANN et al., 2006).

As previsões de demandas têm potencial para auxiliar nas principais tomadas de decisões, tanto em nível operacional como estratégico, por apresentarem uma visão mais clara do futuro (ARMSTRONG, 2001) e podem ser aplicadas em vários negócios. De acordo com Oliveira, Marins e Dalcol (2006), as imperfeições das técnicas de previsão de demanda podem causar riscos e incertezas em uma manufatura, contribuindo para uma análise imprecisa por parte do agente tomador de decisão. Uma das características destas técnicas é que quanto mais distantes no tempo a previsão for necessária, menor a assertividade. Contudo, a fim de evitar tal imprecisão, deve-se ter uma coleta de informações com alta coesão, conhecer as técnicas existentes, estabelecendo uma prática racional para identificar, dentre os métodos propostos, o mais adequado ao caso. (BALLOU, 2005).

Na maioria dos mercados, a demanda da empresa não é estável e uma boa previsão tornasse fator chave para o sucesso. Desta maneira, quanto mais instável for a demanda de um determinado setor, maior será a importância de se possuir uma previsão de demanda de boa acurácia (WERNER, 2004).

Atualmente, elaborar previsões de demanda que contenham o menor erro possível é um desafio (CHASE, 2013). Levando isso em consideração, diversas pesquisas sugerem melhorias na acurácia utilizando previsões combinadas (LEMOS, 2006), através da integração dos métodos, com o intuito de diminuir os efeitos das variáveis externas (BOPP, 1985). Uma previsão de boa acurácia tem potencial de trazer grandes economias, trazendo como resultado um bom retorno monetário, como também um aumento na competitividade e na satisfação de seus clientes (MOON et al., 2003).

Contudo, uma das características desse método estudado é através de dados passados obter através de estudos e cálculos uma previsão de possíveis dados futuros obtendo resultados e ajudando a diminuir desperdícios e obter melhores benefícios.

Assim, este trabalho tem como objetivo analisar os resultados dos métodos de previsão de demanda no setor cafeeiro da região das matas de minas. Para isto, serão utilizadas quatro técnicas de previsões: média móvel, média exponencial, regressão linear e a técnica de *Holt-Winter*.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **3. Referencial Teórico**

A previsão de demanda está associada à capacidade do método selecionado de estimar valores futuros para planejamento de demanda e tomada de decisão, com isso o valor previsto será próximo ao valor real (MAKRIDAKIS et al., 1998). As incertezas da previsão e os erros dos valores aproximados pode prover da baixa previsibilidade da própria análise sendo que, precisa ser com base nas informações de dados históricos, onde gera uma noção para poder antecipar a demanda ou valor futuro, onde pode conter incertezas em virtude da eficiência do modelo de previsão (CORRÊA, GIANESI e CAON, 2011).

Os métodos de previsão podem ser classificados em dois tipos de técnicas: as técnicas qualitativas e quantitativas. Sendo que, o método qualitativo utiliza a opinião de um especialista ou de um grupo de especialistas sobre a previsão final, podendo ser tendenciosa e dando pouca ou nenhuma ênfase a previsões quantitativas (GOODWIN, 2000). Essa técnica é mais usada para casos que não pode ser analisado ou coletado dados ou quando não haver um histórico de dados. Para TUBINO (2007, p.18), “as técnicas qualitativas privilegiam principalmente dados subjetivos, os quais são difíceis de representar numericamente”. Para PEINALDO e GRAEML (2007, p.334), “este modelo pode ser apropriado quando não existem dados históricos a serem analisados como base para a previsão”.

Contudo, as técnicas quantitativas utilizam uma sequência de observações e um padrão histórico de demanda onde é feita por modelos matemáticos, torna-se possível estimar valores futuros (ELSAIED; BOUCHER, 1994). Utiliza dados históricos, por meio de algum modelo matemático, realizar uma projeção futura (CORRÊA, 2009). Contudo, esse método é os mais utilizados na previsão da demanda (MENTZER; COX, 1997) por sua vantagem de ter uma previsão que possa chegar mais próxima do futuro e melhorando seu planejamento evitando desperdícios desnecessários.

No cenário da agricultura brasileira é possível encontrar trabalho utilizando técnicas de previsão de demanda nos mais diversos setores, tais como no trabalho do mercado futuro do café que aplica a técnica ARIMA (Autor regressivo – Integrado – Média Móvel) para a previsão de diminuição de riscos para negociações de valor do café commodity eliminando a variação de preço. GOMES Genilso, utilizou a previsão de Média Móvel e Suavização Exponencial, aplicada a previsão de amido de milho de uma agroindústria obtendo resultados satisfatórios. Já WERNER Liane, aplicou as técnicas de Suavização Exponencial (*Holt Winters* aditivo) na produção de leite encontrando melhores medidas de acurácia.

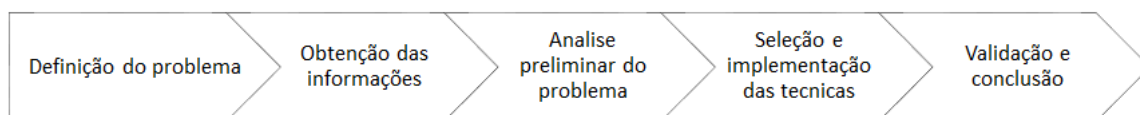
## **4. METODOLOGIA**

### **5. Desenvolvimento do Método de Trabalho**

A pesquisa foi realizada com cafeicultores da região das matas de minas situada na zona da mata mineira, caracterizada principalmente pela produção naturalmente sustentável e marcada pela predominância da agricultura familiar.

O estudo realizado possui natureza aplicada, uma vez que tem por objetivo conceber conhecimentos para aplicação prática das técnicas de previsão e voltados para a solução de problemas específicos (DA SILVA E MENEZES, 2005). A abordagem tem caráter quantitativo, já que a análise foi desenvolvida por métodos matemáticos. Além disso, possui também, conceitos qualitativos através da validação da previsão realizada. A pesquisa possui objetivo exploratório, uma vez que, através de revisão de critérios e métodos, propõe técnicas para uma melhor elaboração de uma previsão. Por se tratar de uma análise visando proporcionar maior proximidade com o problema descrito, através da investigação dos diversos aspectos envolvidos na metodologia atual e da análise de dados de um setor específico da região, caracteriza-se por ser um estudo de caso.

As etapas para a implementação do sistema de previsão de demanda envolveram a metodologia de previsão de Lemos (2016), que foi ampliada através da adição do quarto passo chamado de Análise Preliminar. As etapas podem ser observadas a seguir através da Figura 1.



**Figura 1 - Etapas da Metodologia**

A primeira etapa no processo de aplicação do método foi a definição do problema a ser aplicado pelas técnicas de previsões. Nessa etapa, procurou-se levantar informações suficientes, através de uma pesquisa exploratória, do processo atual e avaliar-se uma possível oportunidade de aplicação dos métodos de previsão no setor em estudo. As análises iniciais foram feitas com o objetivo de definir como o as técnicas se adequariam à estrutura atual da produção e se realmente é uma ferramenta que agrega valor para os produtores. Levantou-se também variáveis relevantes sobre o café, tais como o horizonte de planejamento do produto e principais fases da produção com o intuito de direcionar a coleta de informações na etapa seguinte.

A próxima etapa envolveu a obtenção de informações a serem utilizadas. Os dados coletados auxiliam o produtor na gestão econômica de toda a fazenda, obtendo o controle sobre os custos médios fixos e variáveis, receitas, preço de venda, margens líquida, entre outros. A figura 2 ilustra os principais dados levantados.

FIGURA 2 - Dados obtidos junto aos produtores

54 - Renda Bruta/área plantada	R\$/ha
55 - Preço médio de venda	R\$/sc
56 - COE/área plantada	R\$/ha
57 - COT/área plantada	R\$/ha
58 - CT/área plantada	R\$/ha
59 - COE/saca	R\$/sc
60 - COT/saca	R\$/sc
61 - CT/saca	R\$/sc
62 - Margem Bruta/área plantada	R\$/ha
63 - Margem Líquida/área plantada	R\$/ha
64 - Lucro/área plantada	R\$/ha
65 - Margem Bruta/saca	R\$/sc
66 - Margem Líquida/saca	R\$/sc
67 - Lucro/saca	R\$/sc
79 - Custo Fixo/área plantada	R\$/ha
80 - Custo Fixo/saca	R\$/sc
81 - Custo Fixo	%
82 - Gasto de mão de obra da atividade/COE	%
83 - Gasto de mão de obra da atividade/CT	%
84 - Gasto de mão de obra da atividade/Renda Bruta	%

FONTE: Autores.

A próxima etapa contemplou a definição dos dados a serem utilizados neste trabalho, as informações históricas foram agrupadas, tratadas e representadas graficamente. Desta maneira, foi possível analisar os diferentes valores das fazendas além de identificar a presença, ou não, de dados atípicos. É importante ressaltar que os gráficos contribuem para a identificação da presença de padrões, tendências ou sazonalidades. Esta análise forneceu subsídios que auxiliaram na escolha do modelo quantitativo utilizado na modelagem matemática da série temporal.

A quarta etapa constituiu a escolha e implementação dos métodos de previsão. Como as análises de séries temporais utilizam os dados históricos para elaborar a previsão, assumem que os padrões dos valores passados irão se repetir no futuro. Portanto, a decisão dos métodos foi realizada através da análise prévia dos resultados da análise anterior.

Por fim, as validações dos métodos propostos foram realizadas com o intuito de assegurar sua funcionalidade. Sua avaliação foi realizada pela medida da acurácia de sua previsão, através do  $R^2$  e do cálculo do desvio médio absoluto (MAD), sempre com o objetivo de avaliar a eficiência de cada uma das técnicas apresentadas em termos de assertividade nas previsões.

O MAD, segundo Mentzer e Bienstock (1998), representa o afastamento médio das previsões em relação aos valores observados, constituindo na média dos erros da previsão, e pode ser calculado através da fórmula:

$$MAD = \sum[A(t) - F(t)] / N$$

Onde:

- A(t) = demanda real no período;
- F(t) = previsão para o período t;
- N = números de períodos de previsão t.

## 6. Técnicas de Previsão

De maneira geral, as técnicas de previsão são os modelos utilizados para realizar previsões de modo que se obtenham resultados acurados em relação à realidade do problema em estudo.

Para Moreira (2009), estes métodos de previsão podem ser classificados de acordo com critérios variados, contudo a classificação mais comum leva em consideração a abordagem utilizada, ou seja, instrumentos e conceitos que formam a base da previsão. Por este critério os métodos podem ser qualitativos e quantitativos.

Segundo Tubino (2000), a classificação dos métodos de previsão também segue esta ideologia, no qual os métodos qualitativos privilegiam principalmente dados subjetivos, os quais são mais difíceis de representar numericamente; enquanto métodos de natureza quantitativos visam análise numérica de dados históricos, isentando-se de opiniões pessoais ou palpites.

De acordo com a classificação citada, este trabalho utilizou abordagens quantitativas para a obtenção dos resultados. Utilizou-se de previsões baseadas em séries temporais, que partem do princípio de que a demanda futura será uma projeção dos seus valores passados, não sofrendo influência de outras variáveis (Tubino, 2007). A figura a seguir exemplifica a divisão dos métodos de séries temporais e as quatro técnicas de previsão de demanda selecionadas (Média Móvel, Media Móvel Exponencial, Regressão Linear, Holt Winters) para este trabalho. Nas próximas seções serão apresentados a descrição de cada técnica destacada.

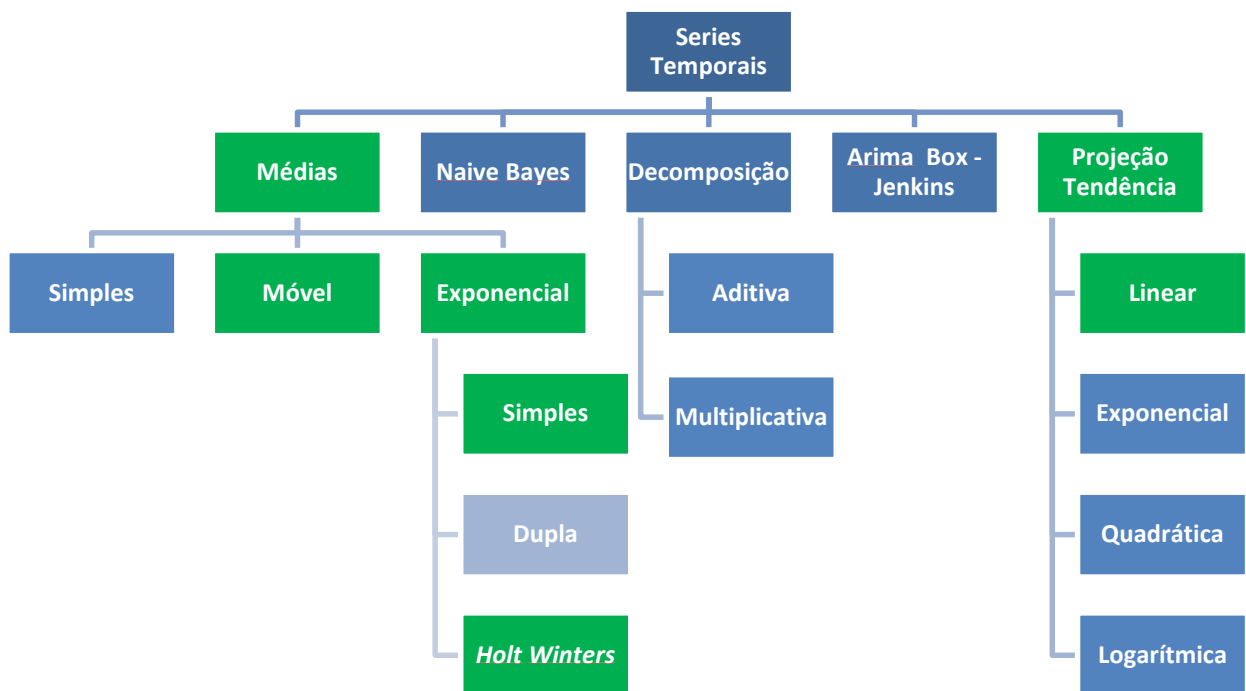


Figura 3 - Métodos de previsão de séries temporais

Fonte: Adaptado de Makridakis et al. (1998)

## 7. Média Móvel

A média móvel usa dados de um número predeterminado de períodos, normalmente os mais recentes, para gerar sua previsão. A cada novo período se substitui o dado mais antigo pelo mais recente (TUBINO, 2007). Para calcular a Previsão de Demanda pela Média Móvel Simples é utilizada a Equação:

$$Mm_n = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

Onde  $Mm_n$  é a média móvel de  $n$  períodos,  $D_i$  a demanda ocorrida no período  $i$ ,  $n$  o número de períodos e  $i$  o índice do período ( $i=1,2, 3,\dots$ ).

Segundo Tubino (2007), sempre que dispomos de dado novo o introduzimos na previsão abandonamos o mais antigo. O número de períodos do cálculo da média móvel determina sua sensibilidade com relação aos mais recentes. Pequenos períodos permitem reação maior a mudanças da demanda, enquanto grandes tratam a média de forma mais homogênea.

A vantagem deste método é a sua simplicidade operacional e alta facilidade para o entendimento, porém há uma limitação em armazenar um alto volume de

dados. É uma técnica simples de previsão onde são considerados os últimos dados históricos e, com estes, é realizada uma média aritmética ou ponderada para prever o valor do próximo dado. (TUBINO, 2007).

## 8. Média Móvel Exponencial

Assim como nos modelos anteriores, na média exponencial móvel a importância de cada observação decresce no tempo, sendo que em progressão geométrica ou exponencialmente. Segundo Tubino (2007), “em sua forma de apresentação mais simples, cada nova previsão é obtida com base na previsão anterior, acrescida do erro cometido corrigido por um coeficiente de ponderação”. A figura a seguir apresenta esta equação:

$$M_t = M_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - M_{t-1})$$

Onde  $M_t$  é a previsão para o período  $t$ ,  $M_{t-1}$  a previsão para o período  $t-1$ ,  $\alpha$  o coeficiente de ponderação e  $D_{t-1}$  a demanda do período  $t-1$ .

O coeficiente de ponderação  $\alpha$  é fixado dentro de uma faixa que varia de 0 a 1. Quanto maior seu valor, mais rapidamente o modelo reagirá a uma variação real da demanda. Se for muito grande, as previsões ficarão muito sujeitas às variações aleatórias da demanda; se for muito pequeno, as previsões poderão ficar defasadas da demanda real.

## 9. Técnica para a previsão da tendência

Uma equação linear possui o formato  $Y = a + bX$ , onde  $Y$  é a previsão da demanda para o período  $X$ ,  $a$  a ordenada à origem ou intersecção no eixo dos  $Y$ ,  $b$  o coeficiente angular e  $X$  o período (partindo de  $X = 0$ ) para previsão. Com os dados históricos da demanda, obtêm-se os coeficientes  $a$  e  $b$  pelas equações (onde  $n$  é o número de períodos observados).

$$a = \frac{\sum Y - b(\sum X)}{n} \qquad b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X) \cdot (\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

## 10. Holt Winters

A técnica de Holt-Winters é utilizada para a previsão de demanda de séries temporais formadas por dados que visam representar melhor a tendência linear e sazonalidade. Neste caso a técnica é feita através de suavizações para estimar o nível, a tendência e a sazonalidade da série (MAKRIDAKIS et al., 1998).

Sua previsão é obtida com o uso de duas constantes de suavização,  $\alpha$  para fazer o cálculo do nível (base), e  $\beta$  para o cálculo da tendência (com valores entre 0 e 1). Para gerar a previsão, o método utiliza a estimativa do nível da série no período  $t$  e na estimativa do grau de inclinação da linha de tendência da mesma.

A aplicação do método de Suavização Exponencial Sazonal de *Holt-Winters* é feita através de suavizações para estimar o nível, a tendência e a sazonalidade da



série (MAKRIDAKIS et al., 1998). A sazonalidade pode ser modelada através da forma multiplicativa onde a amplitude da sazonalidade varia com o nível de demanda.

As equações básicas do método multiplicativo são (MAKRIDAKIS et al., 1998):

$$\text{Previsão: } F_{t+m} = (L_t + b_t m) S_{t-s+m}$$

$$\text{Nível: } L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$\text{Tendência: } b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$\text{Sazonalidade: } S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s}$$

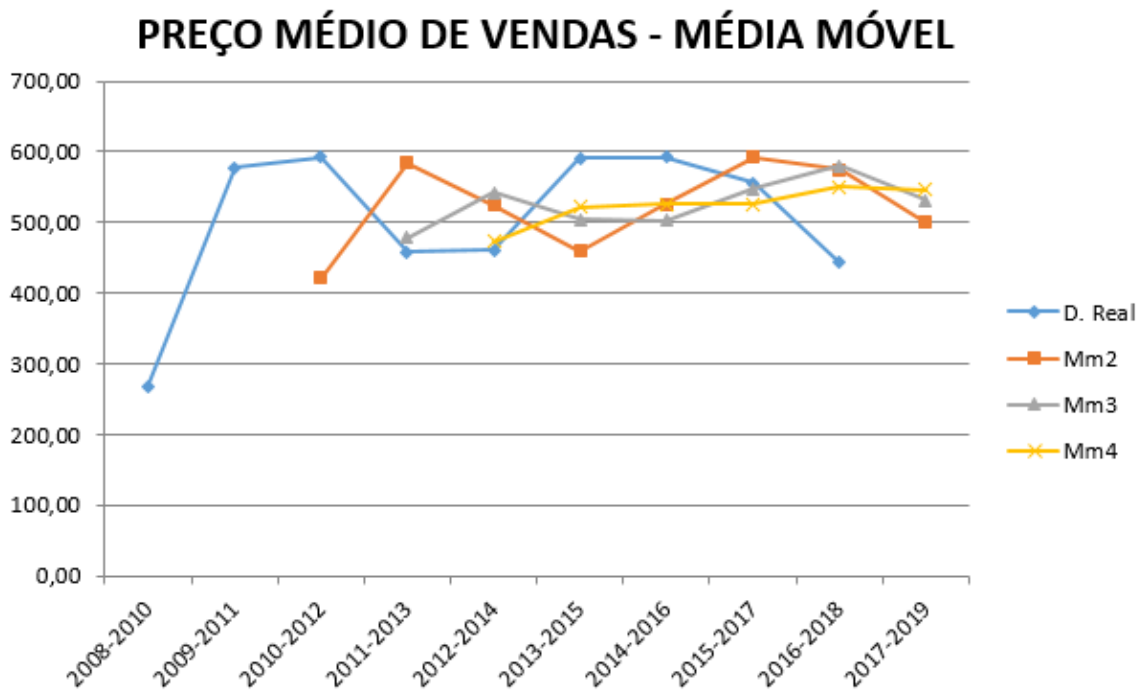
Onde  $S$  é o número de períodos por ciclo sazonal,  $S_t$  a estimativa do componente sazonal da série temporal no período  $t$  e  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ ; são as constantes de suavização (com valores entre 0 e 1, e não relacionados). A previsão de demanda é obtida através da multiplicação de um componente sazonal à previsão do método de *Holt*. O nível  $L_t$  é ajustado para a tendência do período anterior, pela adição de  $b_{t-1}$  ao último valor suavizado de nível  $L_{t+1}$ . O primeiro termo de sua equação  $Y_t$  é dividido por um termo sazonal  $S_{t-s}$  para eliminar as flutuações sazonais no cálculo. O componente sazonal é estimado pela ponderação de uma constante  $\gamma$ , da razão entre  $Y_t$  e  $L_t$  (correspondente da sazonalidade do período  $t$ ) com sazonalidade  $S_{t-s}$  (sazonalidade do período analisado do ciclo anterior).

## 11. RESULTADOS

Os dados levantados da produção cafeeira de dez fazendas foram analisados e selecionou-se as variáveis: preço médio de vendas, custo total por saca, lucro por saca e custo fixo por saca para a aplicação das técnicas de previsão: Média Móvel, Média móvel exponencial, Regressão linear e *Holt Winters*, descritas na metodologia.

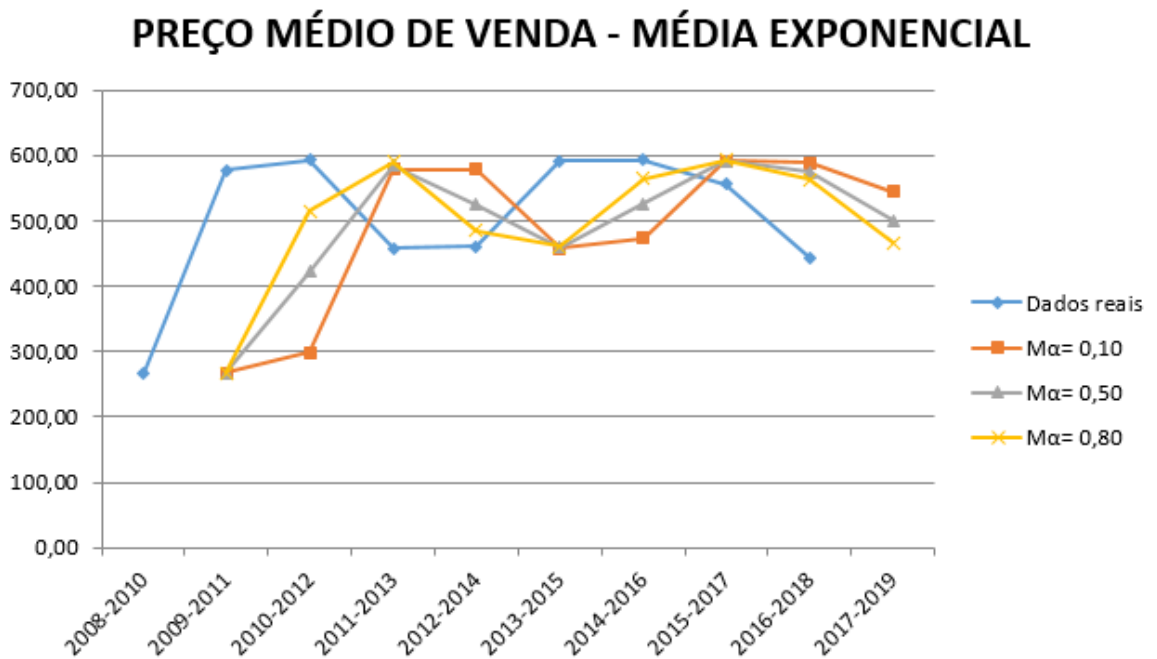
Utilizando os dados de preço médio de venda obtidos de uma fazenda como exemplo, as quatro técnicas de previsão foram aplicadas e ilustradas pela figura 4.

FIGURA 4: Gráfico preço médio de venda da técnica Média Móvel



FONTE: Autores.

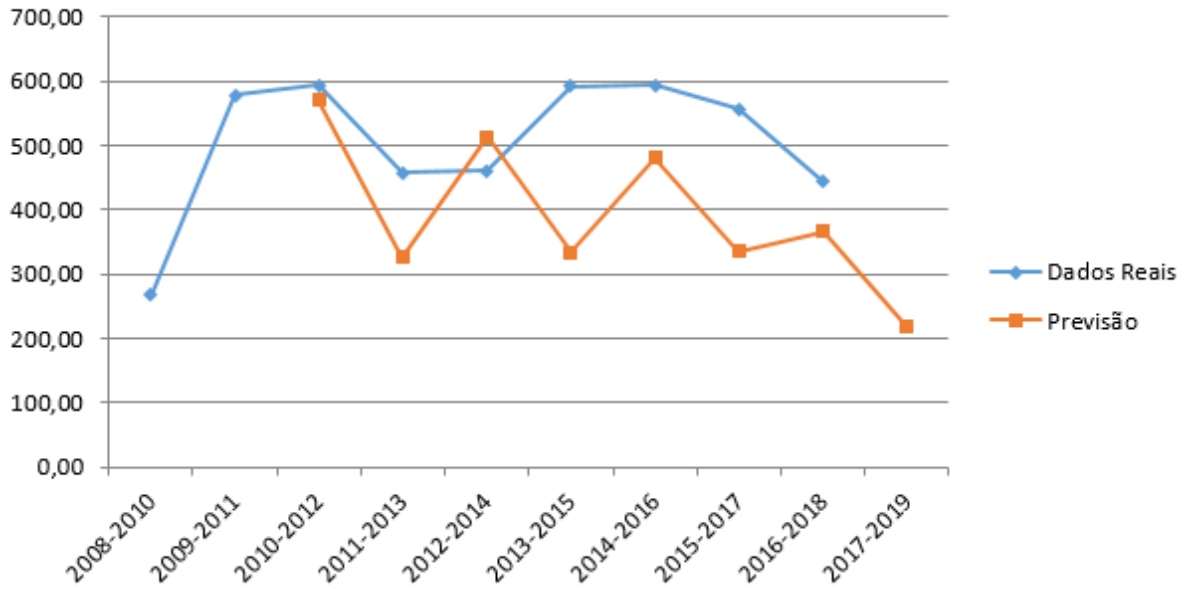
FIGURA 5: Gráfico preço médio de venda da técnica Média Exponencial



FONTE: Autores.

FIGURA 6: Gráfico preço médio de vendas da técnica *Holt Winters*

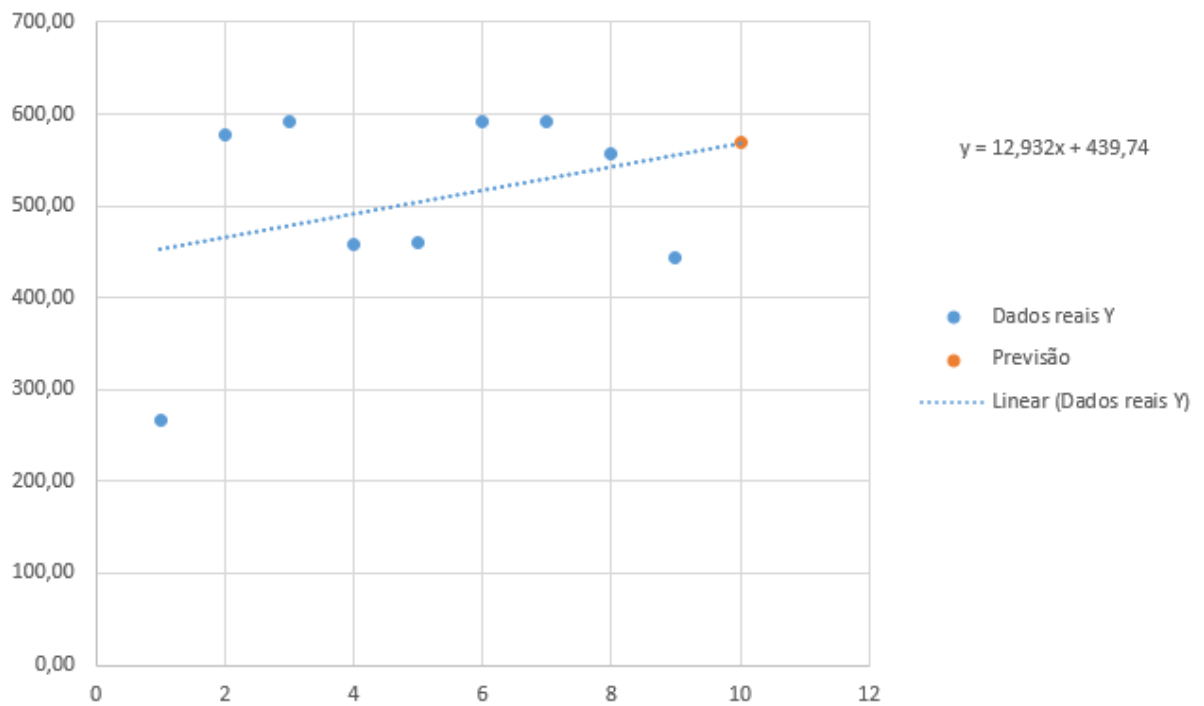
### PREÇO MÉDIO DE VENDA - HOLT WINTERS



FONTE: Autores.

FIGURA 7: Gráfico preço médio de vendas da técnica Regressão Linear

### PREÇO MÉDIO DE VENDAS - REGRESSÃO LINEAR



FONTE: Autores

A Média Móvel foi aplicada variando entre dois a quatro períodos, com o resultado da previsão próximo a R\$ 545, 95, destaque para a média com quatro períodos que apresentou menor variação em relação aos dados reais (menor erro médio MAD).

Em relação à Média Móvel Exponencial, a técnica sofreu variação em relação no  $\alpha$ , alternando entre 0,10, 0,50 e 0,80. Os resultados da previsão para o biênio 17/19 foram distintos, R\$544,85 para a alfa 0,10, R\$499,85 utilizando alfa 0,50 e R\$466,10 com alfa no valor de 0,80. A técnica que apresentou o menor erro médio (MAD) foi  $\alpha=0,80$ , ou seja, apresenta ser mais estável em relação ao dado real.

É possível notar pelo gráfico que a técnica de *Holt Winters* não obteve um resultado preciso por intercalar os resultados reais com o previsto. A Regressão Linear apresentou uma tendência de alta com a previsão para o biênio 2017-2019 de, aproximadamente, R\$569,06.

Tabela de previsão 1, ilustra o preço médio de vendas com os valores de cada uma das 4 técnicas de previsão para o biênio de 2017-2019 e o MAD de cada uma das 10 fazendas. Para as técnicas Média Móvel e Média Móvel Exponencial, foram selecionados as que apresentaram o menor erro médio (MAD).

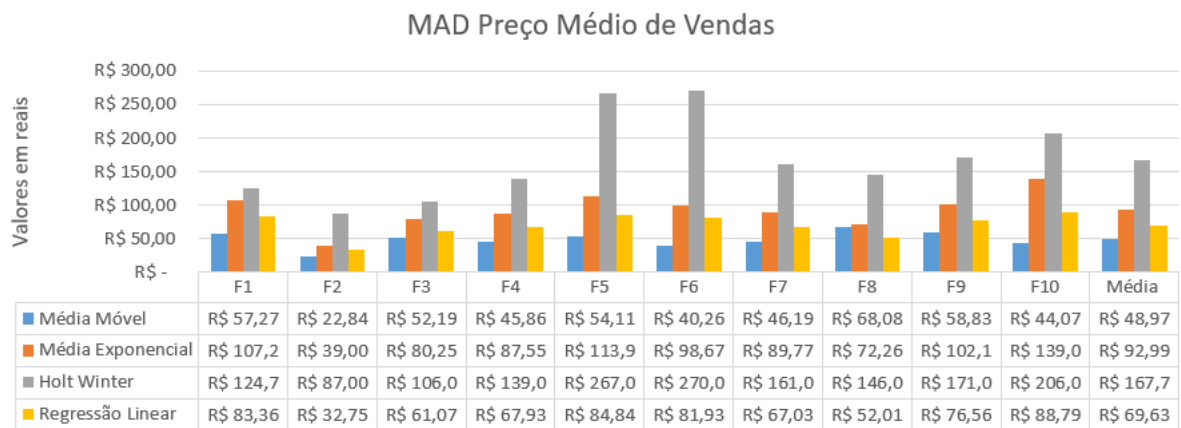
TABELA 1: Previsão preço médio de vendas biênio 2017-2019

TABELA PREVISÃO PREÇO MÉDIO DE VENDAS										
Result.	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
<b>Média Móvel</b>	R\$ 545,95	R\$ 440,02	R\$ 518,12	R\$ 535,19	R\$ 554,30	R\$ 529,47	R\$ 554,96	R\$ 544,63	R\$ 551,57	R\$ 542,17
<b>MAD</b>	R\$ 57,27	R\$ 22,84	R\$ 52,19	R\$ 45,86	R\$ 54,11	R\$ 40,26	R\$ 46,19	R\$ 68,08	R\$ 58,83	R\$ 44,07
<b>Média Exponencial</b>	R\$ 466,10	R\$ 442,21	R\$ 467,08	R\$ 492,86	R\$ 511,93	R\$ 486,03	R\$ 520,17	R\$ 518,56	R\$ 498,77	R\$ 503,65
<b>MAD</b>	R\$ 107,23	R\$ 39,00	R\$ 80,25	R\$ 87,55	R\$ 113,95	R\$ 98,67	R\$ 89,77	R\$ 72,26	R\$ 102,17	R\$ 139,01
<b>Holt Winter</b>	R\$ 218,00	R\$ 362,00	R\$ 527,00	R\$ 418,00	R\$ 812,00	R\$ 870,00	R\$ 586,00	R\$ 395,00	R\$ 614,00	R\$ 1,00
<b>MAD</b>	R\$ 124,70	R\$ 87,00	R\$ 106,00	R\$ 139,00	R\$ 267,00	R\$ 270,00	R\$ 161,00	R\$ 146,00	R\$ 171,00	R\$ 206,00
<b>Regressão Linear</b>	R\$ 569,06	R\$ 493,30	R\$ 562,43	R\$ 580,71	R\$ 626,47	R\$ 580,30	R\$ 621,83	R\$ 647,76	R\$ 614,04	R\$ 606,76
<b>MAD</b>	R\$ 83,36	R\$ 32,75	R\$ 61,07	R\$ 67,93	R\$ 84,84	R\$ 81,93	R\$ 67,03	R\$ 52,01	R\$ 76,56	R\$ 88,79

FONTE: Autores.

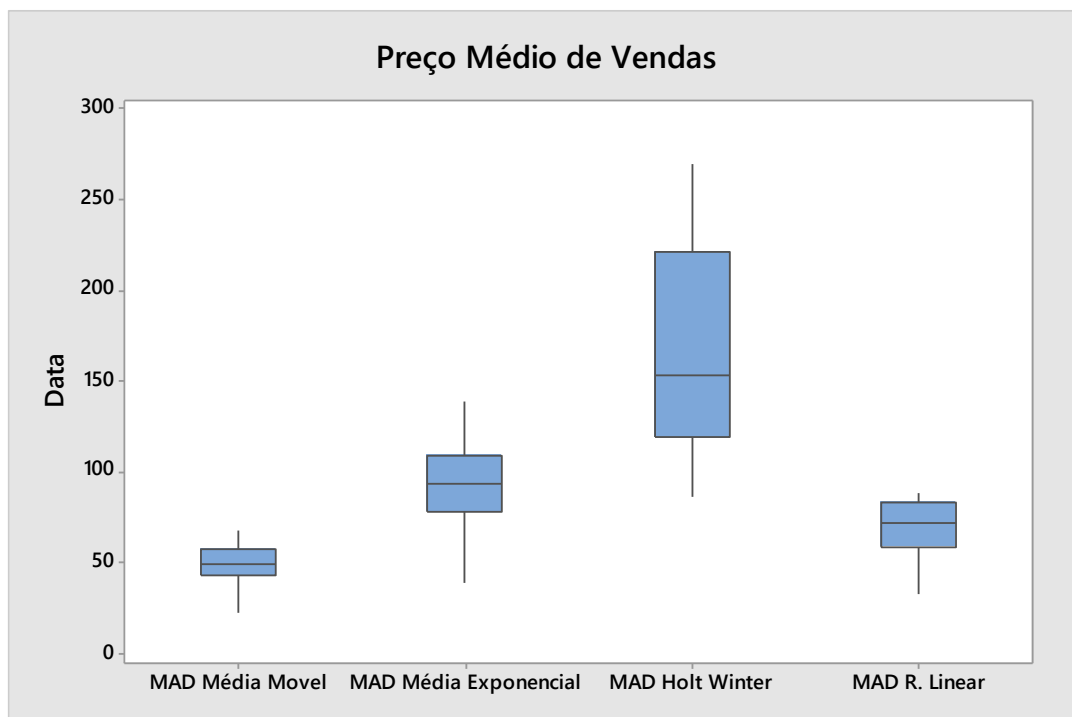
Os dados foram compilados no gráfico 1 para facilitar a análise das técnicas. De acordo com os dados é possível notar que a técnica *Holt Winters* apresentou uma média maior do MAD em relação às demais técnicas. Em contrapartida, a Média Móvel, apesar de ser a técnica simples, mostrou-se ser mais aderente aos dados reais, uma vez que, apontou o menor erro médio absoluto em relação aos demais.

GRÁFICO 1: Gráfico do MAD dos valores do preço médio de vendas por fazenda



FONTE: Autores.

FIGURA 8- Boxplot MAD Preço Médio de Vendas.



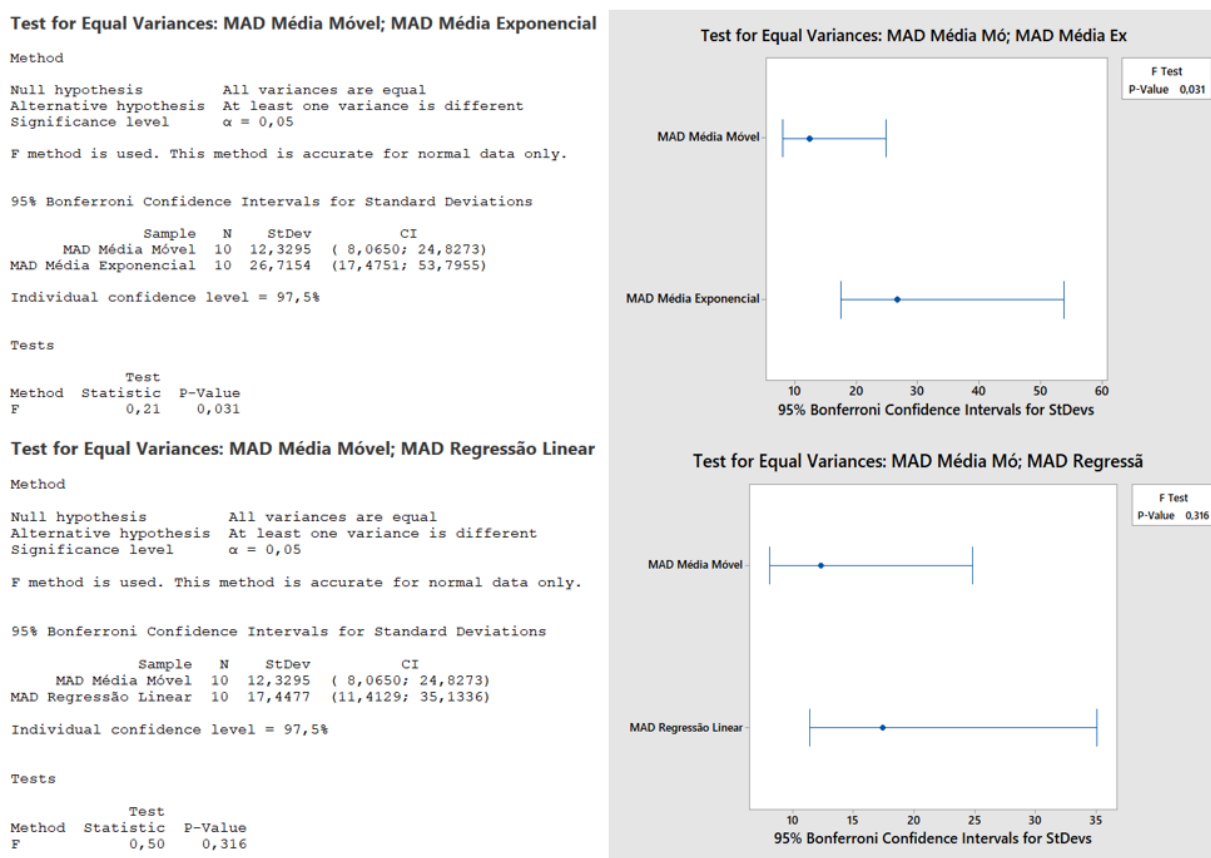
FONTE: Autores.

Por fim, foi utilizado para cada amostra o modelo de gráfico Boxplot pelo programa Minitab, onde o gráfico avalia e ajuda a comparar as tendências, e as variabilidades das amostras de cada técnica. Com isso, pela figura 8 é possível notar as distribuições das técnicas, onde aparentemente mediana apresenta diferenças entre elas, e também as diferenças de dispersões obteve maior variabilidade em relação ao erro médio absoluto foi a *Holt Winter* e a menor variabilidade foi apresentado pela técnica de Média Móvel, para determinar aplicou-se o teste de normalidade nos dados e todos foram considerados seguir uma distribuição normal e

depois foi utilizado o teste t para 2 amostras da média e também o ANOVA teste para 2 amostras da variância.

Contudo, na figura 9 foi realizado um teste ANOVA de 2 amostra da variância para as técnicas que apresentaram próximas, então foi feito o teste comparando a Média Móvel com a Regressão Linear valor-p 0,316, um valor superior ao nível de significância 0,05, e a Média Exponencial valor-p 0,031, onde pode ser considerado estatisticamente significativa por ter o valor-p menor que 0,05, rejeitando a hipótese nula.

FIGURA 9- Teste t de 2 amostras da variância do MAD Preço Médio de Vendas



FONTE: Autores.

De acordo com a figura 10, considerando que a Média Móvel e a Regressão Linear apresentaram médias próximas, aplicou-se o teste t para 2 amostras e verificou-se que, com 95% de confiança, são estatisticamente diferentes, logo, podemos concluir que a média móvel, para o preço médio de vendas, apresenta valores para o MAD menor em relação às demais técnicas.

FIGURA 10 - Teste t de 2 amostras do MAD Preço Médio de Vendas

### Two-Sample T-Test and CI: MAD Média Móvel; MAD Média Exponencial

Two-sample T for MAD Média Móvel vs MAD Média Exponencial

	N	Mean	StDev	SE Mean
MAD Média Móvel	10	49,0	12,3	3,9
MAD Média Exponencial	10	93,0	26,7	8,4

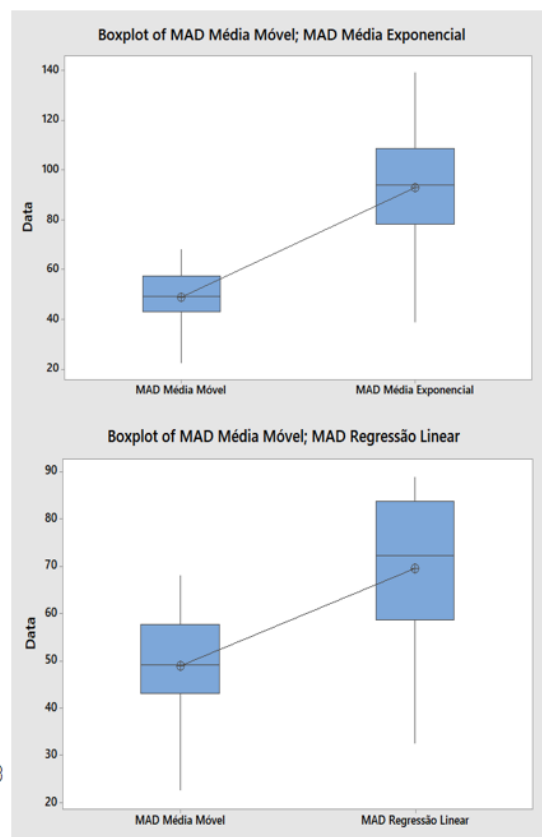
Difference =  $\mu$  (MAD Média Móvel) -  $\mu$  (MAD Média Exponencial)  
 Estimate for difference: -44,02  
 95% CI for difference: (-64,29; -23,74)  
 T-Test of difference = 0 (vs  $\neq$ ): T-Value = -4,73 P-Value = 0,000 DF = 12

### Two-Sample T-Test and CI: MAD Média Móvel; MAD Regressão Linear

Two-sample T for MAD Média Móvel vs MAD Regressão Linear

	N	Mean	StDev	SE Mean
MAD Média Móvel	10	49,0	12,3	3,9
MAD Regressão Linear	10	69,6	17,4	5,5

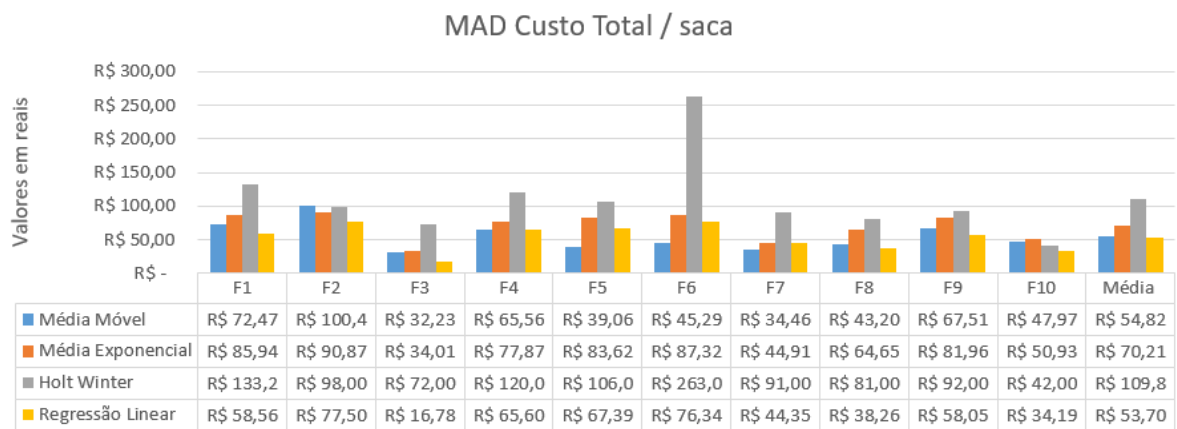
Difference =  $\mu$  (MAD Média Móvel) -  $\mu$  (MAD Regressão Linear)  
 Estimate for difference: -20,66  
 95% CI for difference: (-34,85; -6,46)  
 T-Test of difference = 0 (vs  $\neq$ ): T-Value = -3,06 P-Value = 0,007 DF = 18  
 Both use Pooled StDev = 15,1069



FONTE: Autores.

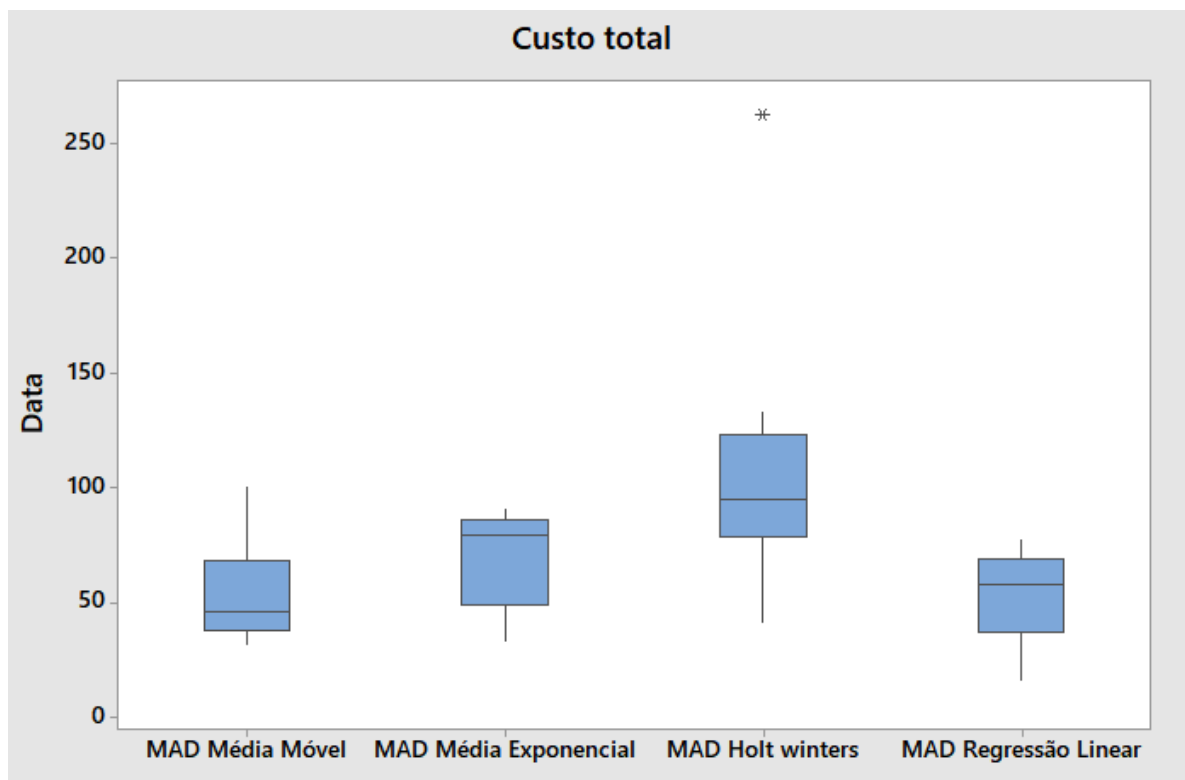
Analisando a variável custo total por saca pelo gráfico 2, é possível notar que, assim como a variável preço médio, para a maioria das fazendas, a técnica de *Holt Winters* obteve o valor MAD mais elevado e a Média Móvel e Regressão Linear apresentou menor MAD sendo que as duas obteve pouca diferença entre elas.

GRÁFICO 2: Gráfico do MAD dos valores do custo total por fazenda



FONTE: Autores.

FIGURA 11 - Boxplot MAD Custo Total



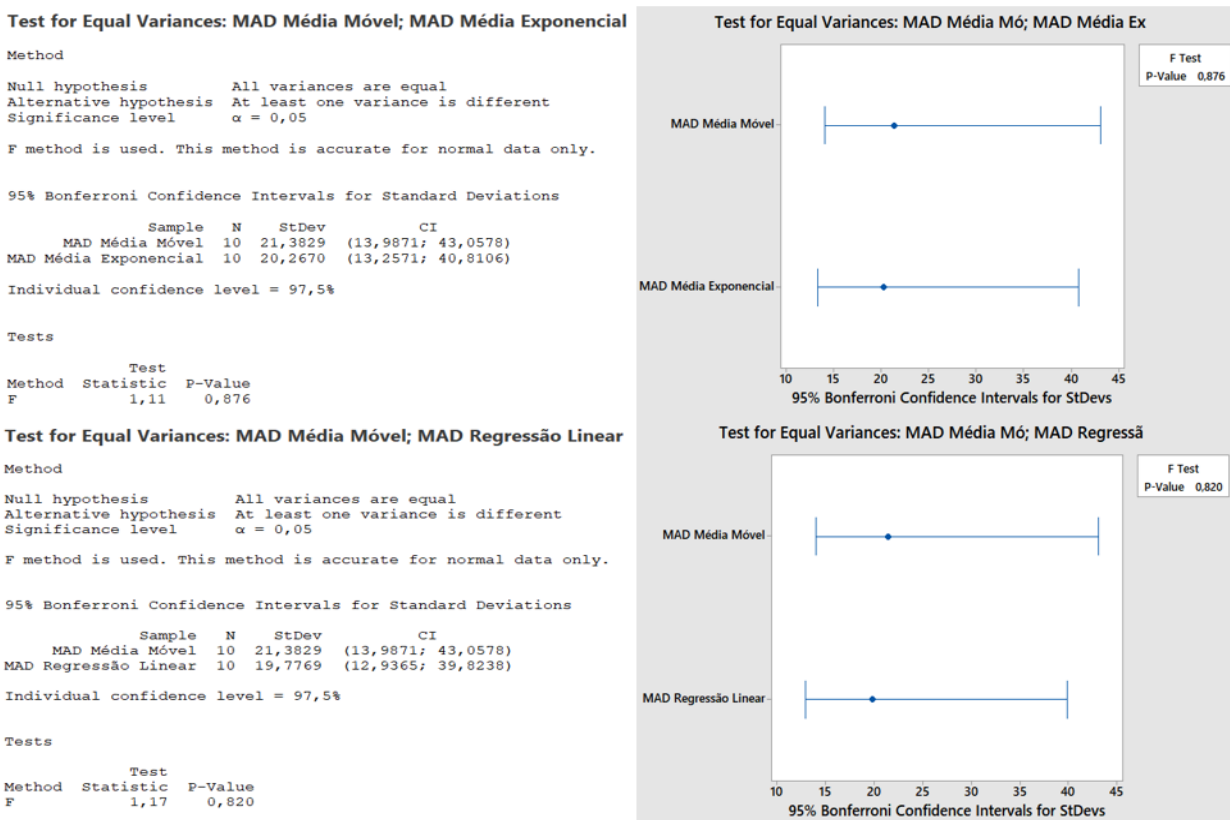
FONTE: Autores.

Pela figura 11 é possível notar aparentemente que a técnica *Holt Winters* apresentou maior variabilidade em relação ao erro médio absoluto, e as demais técnicas obtiveram uma mediana aproximada, sendo possível averiguar diferença na variância entre as técnicas mais próximas.



Na figura 12, foi realizado um teste ANOVA de 2 amostras da variância para as técnicas apresentadas, com isso, foi feito o teste comparando a Média Móvel com a Média Exponencial com o valor-p 0,876, e depois com a Regressão Linear valor-p 0,820, sendo ambos com valor-p superior ao valor 0,05 sendo ambas com o resultado não estatisticamente significativas, onde não deve rejeitar a hipótese nula.

FIGURA 12 – Teste 2 amostras da variância do MAD Custo Total



FONTE: Autores.

Aplicando-se o teste t da média de 2 amostras, concluiu-se que comparando a Média Móvel, com a Média Exponencial onde obteve valor-p 0,117 e a Regressão Linear com o valor-p 0.905, com um intervalo de 95% de confiança, verificaram-se ambas as técnicas obtiveram valores maiores que o nível de significância igual a 0,05 onde não são estatisticamente significativas iguais.

FIGURA 13 – Teste t de 2 amostras da média do MAD Custo Total

**Two-Sample T-Test and CI: MAD Média Móvel; MAD Média Exponencial**

Two-sample T for MAD Média Móvel vs MAD Média Exponencial

	N	Mean	StDev	SE Mean
MAD Média Móvel	10	54,8	21,4	6,8
MAD Média Exponencial	10	70,2	20,3	6,4

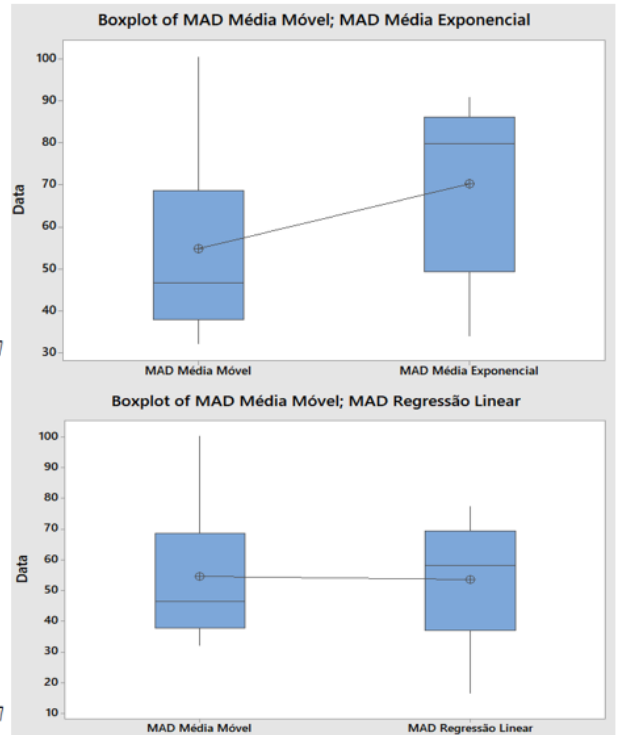
Difference =  $\mu$  (MAD Média Móvel) -  $\mu$  (MAD Média Exponencial)  
 Estimate for difference: -15,39  
 95% CI for difference: (-35,05; 4,27)  
 T-Test of difference = 0 (vs  $\neq$ ): T-Value = -1,65 P-Value = 0,117 DF = 17

**Two-Sample T-Test and CI: MAD Média Móvel; MAD Regressão Linear**

Two-sample T for MAD Média Móvel vs MAD Regressão Linear

	N	Mean	StDev	SE Mean
MAD Média Móvel	10	54,8	21,4	6,8
MAD Regressão Linear	10	53,7	19,8	6,3

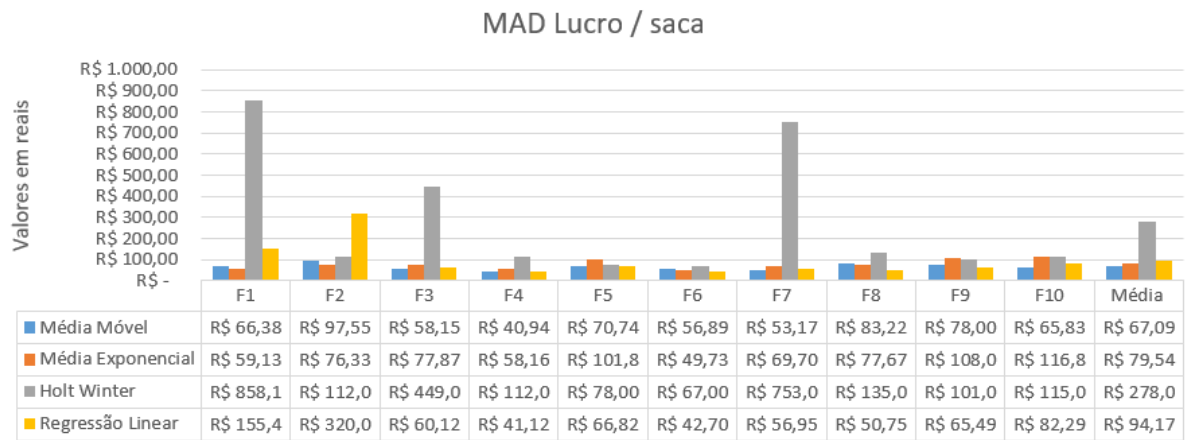
Difference =  $\mu$  (MAD Média Móvel) -  $\mu$  (MAD Regressão Linear)  
 Estimate for difference: 1,12  
 95% CI for difference: (-18,32; 20,55)  
 T-Test of difference = 0 (vs  $\neq$ ): T-Value = 0,12 P-Value = 0,905 DF = 17



FONTE: Autores.

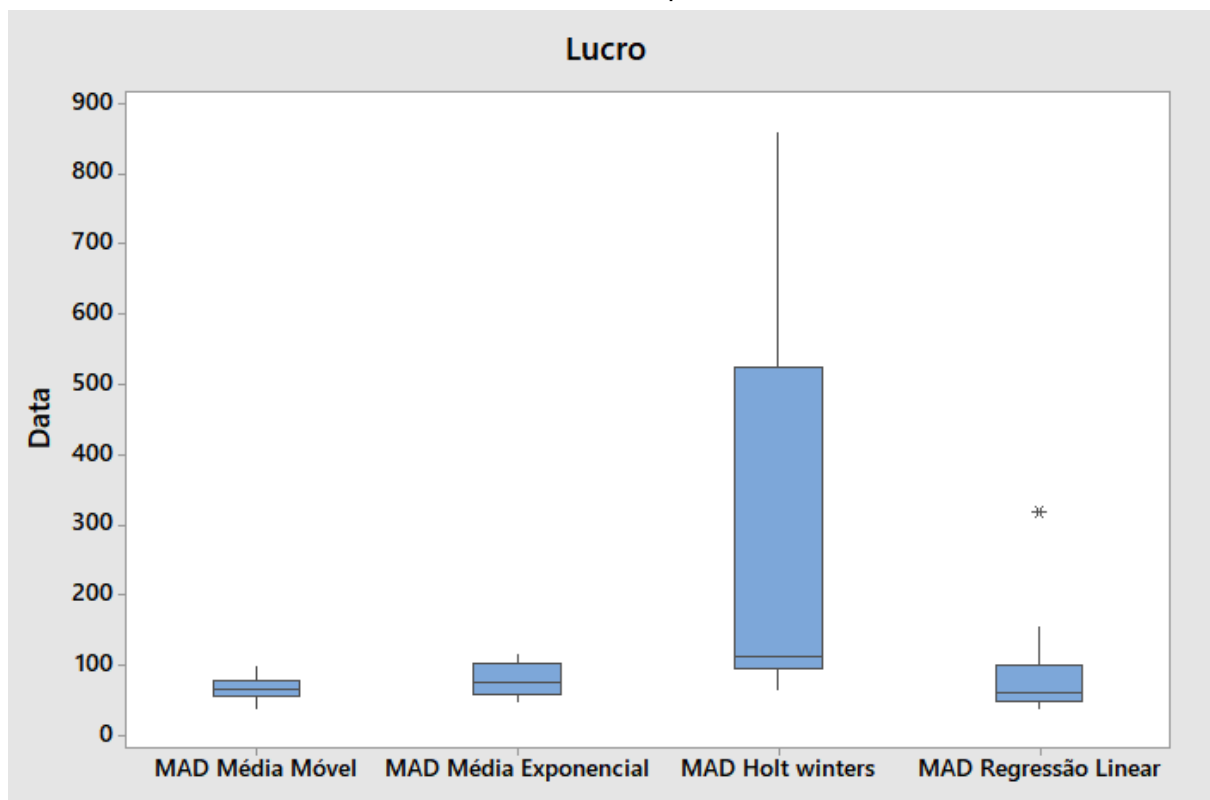
Já o gráfico 3 da variável Lucro por saca, a técnica *Holt Winters* teve um valor atípico para primeira fazenda, entretanto, apresentou maior erro médio para a maioria dos dados das demais fazendas. Assim como para as demais variáveis analisadas, a Média Móvel se comportou melhor em relação as demais técnicas, retratando um erro médio entre as fazendas de R\$67,09.

GRÁFICO 3: Gráfico do MAD dos valores do lucro por fazenda



FONTE: Autores.

FIGURA 14 - Boxplot MAD Lucro

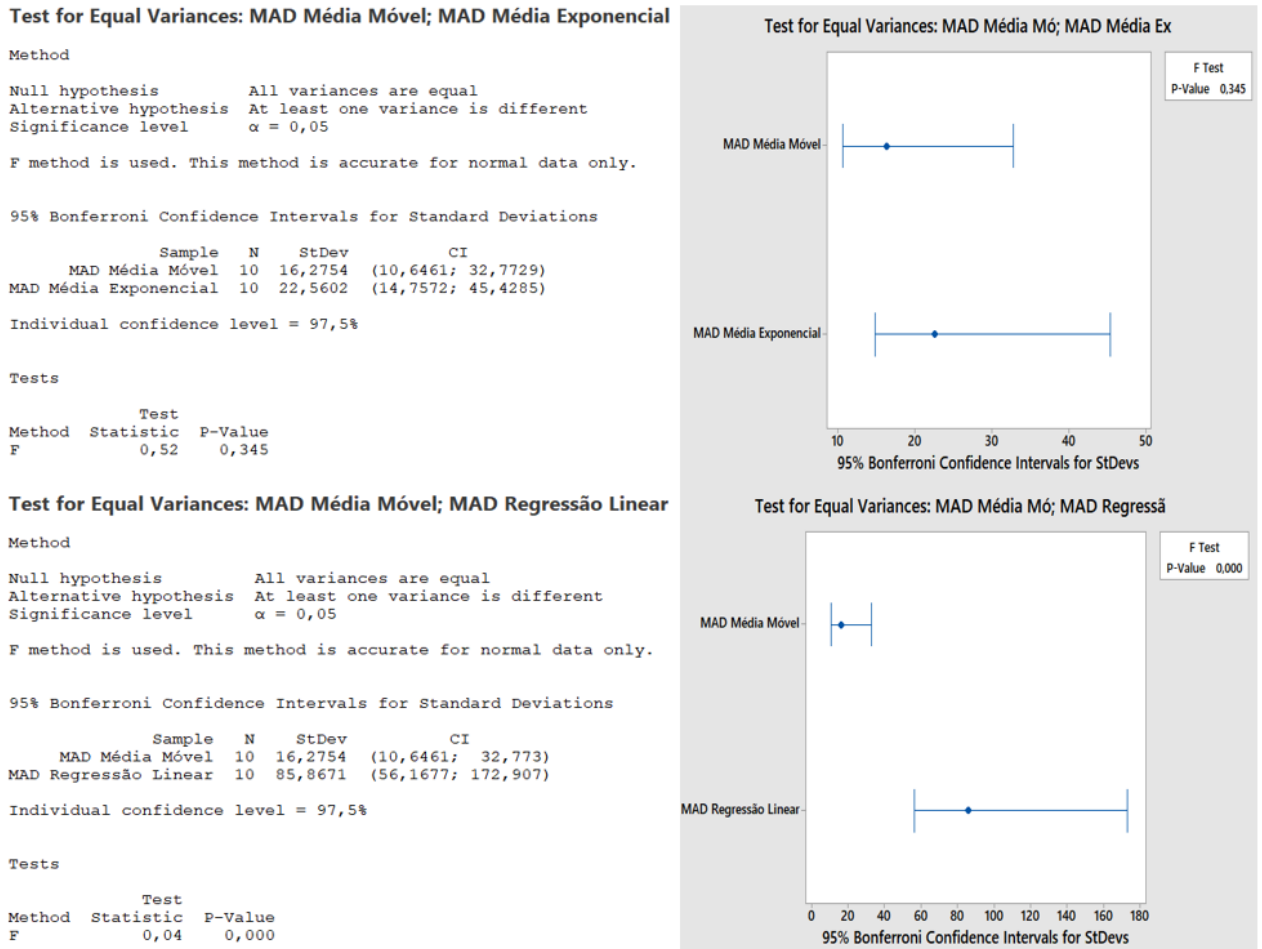


FONTE: Autores.

De acordo com a figura 14, analisando o gráfico a técnica *Holt Winters* tem a maior variabilidade de erro medio absoluto em comparação com as demias tecnicas, e as demais técnicas se encontram próximas com a menor variabilidade, para obter as diferencias na variância e saber se as tecnicas são estaticamnete significantes ou não, foi realizado o teste t de 2 amostra e o teste de 2 amostra da variância.

Com isso, foi feito o teste ANOVA de 2 amostras da variância como mostra na figura 15, para Média Móvel com Média Exponencial valor-p 0,345, valor maior que 0,05, e com a Regressão Linear valor-p 0,000, valor menor que o nível de significância, podendo rejeitar a hipótese nula e ser estatisticamente diferente.

FIGURA 15 – Teste de 2 amostras da variância MAD Lucro



FONTE: Autores.

Com base no teste t de 2 amostras na figura 12, se comprova com 95 % de confiança, que as técnicas Média Móvel com a Média Exponencial obteve valor-p 0,321 e com a Regressão linear valor-p 0,132, onde apresentam valores superior ao nível de significancia 0,05 e não estatisticamente significamente.

FIGURA 16 – Teste de 2 amostras da variância do MAD Lucro

**Two-Sample T-Test and CI: MAD Média Móvel; MAD Média Exponencial**

Two-sample T for MAD Média Móvel vs MAD Média Exponencial

	N	Mean	StDev	SE Mean
MAD Média Móvel	12	69,6	17,2	5,0
MAD Média Exponencial	12	77,6	21,2	6,1

Difference =  $\mu$  (MAD Média Móvel) -  $\mu$  (MAD Média Exponencial)

Estimate for difference: -8,00

95% CI for difference: (-24,39; 8,39)

T-Test of difference = 0 (vs  $\neq$ ): T-Value = -1,02 P-Value = 0,321 DF = 21

**Two-Sample T-Test and CI: MAD Média Móvel; MAD Regressão Linear**

Two-sample T for MAD Média Móvel vs MAD Regressão Linear

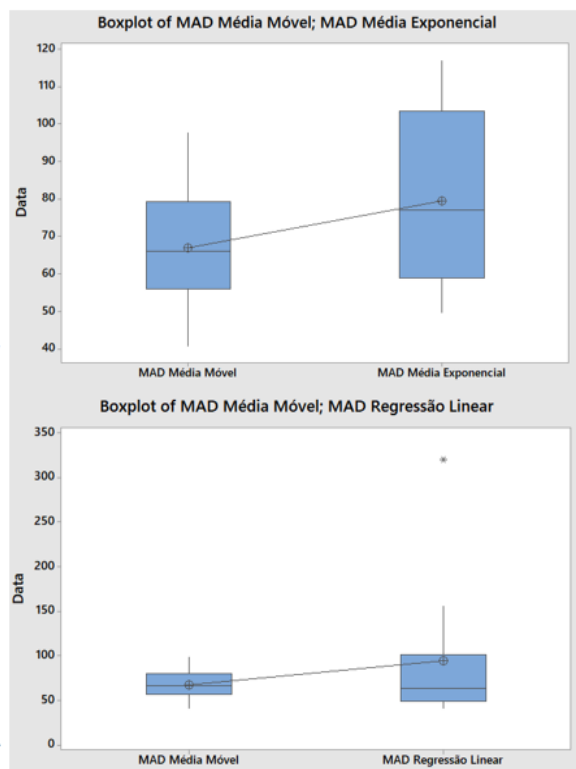
	N	Mean	StDev	SE Mean
MAD Média Móvel	12	69,6	17,2	5,0
MAD Regressão Linear	12	118	102	29

Difference =  $\mu$  (MAD Média Móvel) -  $\mu$  (MAD Regressão Linear)

Estimate for difference: -48,5

95% CI for difference: (-114,2; 17,1)

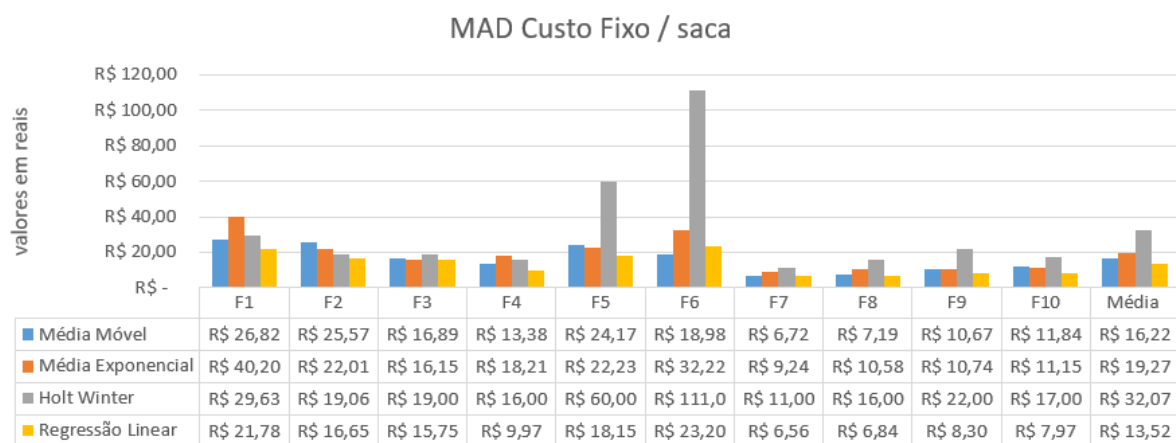
T-Test of difference = 0 (vs  $\neq$ ): T-Value = -1,63 P-Value = 0,132 DF = 11



FONTE: Autores.

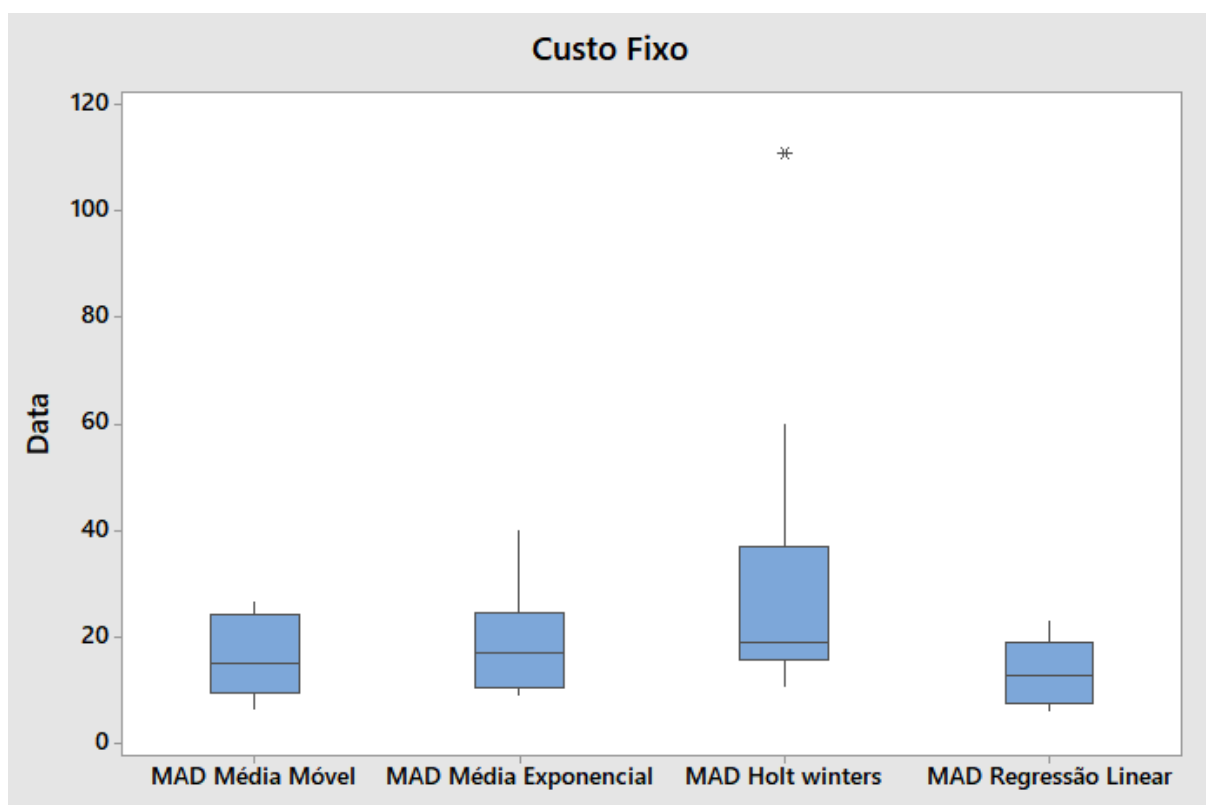
Em relação a variável de Custo Fixo por saca ilustrado pelo gráfico 4, duas técnicas se mostraram eficazes em prever os dados do bienio 2017-2019. Tanto a Média Móvel quanto a Regressão Linear apresentaram valores baixos para o MAD, destaque para a Regressão Linear que obteve valor médio de R\$13,52. Em relação as demais técnicas, a Holt Winters se mostraram pouco aderentes aos dados reais, onde foi pouco capaz de prever corretamente para a maioria das fazendas analisadas.

Gráfico 4: Gráfico do MAD dos valores do custo fixo por fazenda



FONTE: Autores.

Figura 17 - Boxplot MAD Custo Fixo

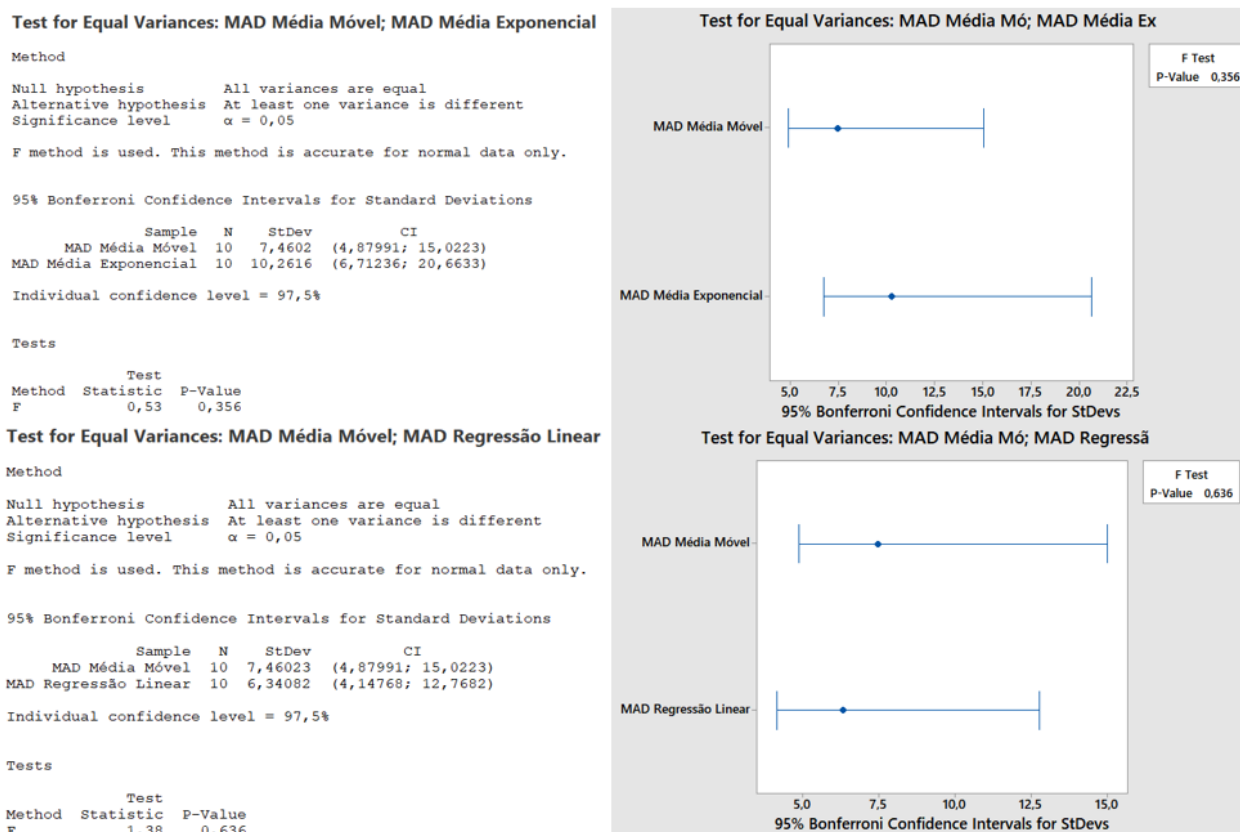


FONTE: Autores.

Já na figura 17, o gráfico apresenta as 4 técnicas com as variações do erro médio absoluto aproximados, onde para poder ter uma análise completa foi feito o teste t de 2 amostras e teste de 2 amostras da variância, onde são testes para descobrir se as técnicas são iguais ou diferentes estatisticamente.

De acordo com a figura 18, o primeiro teste estatístico foi o teste ANOVA de 2 amostras da variância feito com as técnicas Média Móvel com Média Exponencial com o valor-p 0,356, e Regressão Linear valor-p 0,636 apresentando valores maior que nível de significancia 0,05, não rejeitando a hipotese nula, sendo possível ser estatisticamente iguais.

FIGURA 18 – Teste t de 2 amostras do MAD Custo Fixo



FONTE: Autores.

O teste t de 2 amostras da média do MAD, como mostra na figura 19, comprova que Média móvel com a Média Exponencial resultou no valor-p 0,458 e a Regressão Linear o valor-p 0,394, onde apresentam valores superior ao nível de significancia igual a 0,05 não podendo rejeitar a hipote nula e não sendo estatisticamente significativa.

FIGURA 19– Teste de 2 amostras da Variância do MAD Custo Fixo

**Two-Sample T-Test and CI: MAD Média Móvel; MAD Média Exponencial**

Two-sample T for MAD Média Móvel vs MAD Média Exponencial

	N	Mean	StDev	SE Mean
MAD Média Móvel	10	16,22	7,46	2,4
MAD Média Exponencial	10	19,3	10,3	3,2

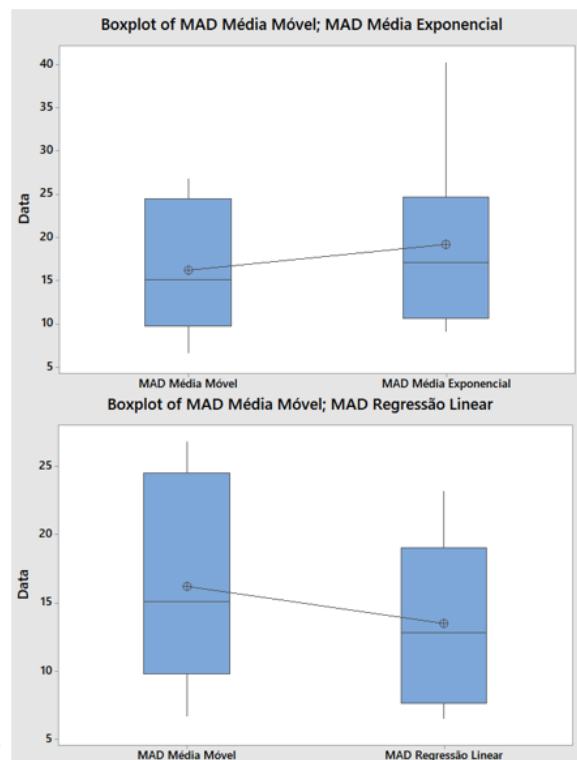
Difference =  $\mu$  (MAD Média Móvel) -  $\mu$  (MAD Média Exponencial)  
 Estimate for difference: -3,05  
 95% CI for difference: (-11,55; 5,45)  
 T-Test of difference = 0 (vs  $\neq$ ): T-Value = -0,76 P-Value = 0,458 DF = 16

**Two-Sample T-Test and CI: MAD Média Móvel; MAD Regressão Linear**

Two-sample T for MAD Média Móvel vs MAD Regressão Linear

	N	Mean	StDev	SE Mean
MAD Média Móvel	10	16,22	7,46	2,4
MAD Regressão Linear	10	13,52	6,34	2,0

Difference =  $\mu$  (MAD Média Móvel) -  $\mu$  (MAD Regressão Linear)  
 Estimate for difference: 2,71  
 95% CI for difference: (-3,83; 9,24)  
 T-Test of difference = 0 (vs  $\neq$ ): T-Value = 0,87 P-Value = 0,394 DF = 17



FONTE: Autores.

Considerando as análises feitas do teste t de média de 2 amostras e do teste de 2 amostras da variância, foi coletado os valores de cada média e variância analisando os resultados obtidos nos testes realizados, fazendo comparações e destacando se em **negrito** as técnicas que teve seu resultado estatisticamente iguais.



TABELA 2: Valores da Média e Variância de cada técnica

<b>MÉDIA</b>				
	<b>Preço Médio de Vendas</b>	<b>Custo Total</b>	<b>Lucro</b>	<b>Custo Fixo</b>
<b>Média Móvel</b>	<b>48,97</b>	<b>54,819</b>	<b>67,087</b>	<b>16,223</b>
<b>Média Exponencial</b>	92,986	<b>70,208</b>	<b>79,537</b>	<b>19,273</b>
<i>Holt Winter</i>	167,77	109,83	278,01	32,069
<b>Regressão Linear</b>	69,627	<b>53,702</b>	<b>94,168</b>	<b>13,517</b>
<b>VARIÂNCIA</b>				
	<b>Preço Médio de Vendas</b>	<b>Custo Total</b>	<b>Lucro</b>	<b>Custo Fixo</b>
<b>Média Móvel</b>	<b>152,016</b>	<b>457,23</b>	<b>264,887</b>	<b>55,655</b>
<b>Média Exponencial</b>	713,711	<b>410,75</b>	<b>508,964</b>	<b>105,301</b>
<i>Holt Winter</i>	3923,48	3.533,8	89.929,11	960,557
<b>Regressão Linear</b>	<b>304,442</b>	<b>391,124</b>	7.373,155	<b>40,206</b>

FONTE: Autores.

Então na tabela 2, é possível observar que a Média Móvel, tanto para médias quanto para a variância, apresentou valores estatisticamente iguais ou melhores que as demais técnicas. Seguindo pela Média Exponencial e Regressão Linear, e posteriormente a técnica *Holt Winters*, apesar de complexa, não se mostrou eficiente para as variáveis estudadas.

Por fim, apesar da técnica Média Móvel ser considerada simples e de fácil implementação, foi a que apresentou menor MAD dentre as demais técnicas, sendo que a Média Exponencial e Regressão linear em outros casos podem também apresentar valores eficientes.

## 12. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo exemplificar a importância da previsão de demanda para tomada de decisão além da análise da melhor técnica para tal. O artigo abordou métodos quantitativos de previsão de demanda, onde quatro técnicas foram utilizadas: Média Móvel, Média Móvel Exponencial, *Holt Winters* e Regressão Linear e aplicadas a uma base de dados (preço médio de vendas, custo total, lucro por saca e custo fixo por saca) de dez fazendas cafeeiras da região de Manhuaçu-MG.

Foi analisado a capacidade de prever cada uma das abordagens citadas para as quatro variáveis em estudo, para isto, calculou-se o erro médio absoluto (MAD) de cada técnica em relação às dez fazendas. Através do levantamento de dados foi apresentado gráficos com cada método proposto, para cada técnica utilizada.

Além disso, com base nos gráficos do erro médio absoluto (MAD) o modelo de *Holt Winters* apesar de ser um modelo para sazonalidade onde o café é trabalhado partir disso, mostrou se instável entre os valores reais com os valores previstos, não obtendo um resultado satisfatório, sendo assim foi umas das técnicas que mais se afastou do resultado previsto.

Contudo, foi possível concluir através do valor médio do gráfico, que a Média Móvel, apesar de simples, juntamente o método de Regressão Linear que também em alguns casos teve resultados satisfatórios, onde apresentaram maior acurácia em relação aos dados reais, ou seja, menor erro médio para a maioria das fazendas analisadas. Obtendo resultados satisfatórios na sua previsão, ao contrário das demais técnicas sendo elas mais complexa, mas que também tem poder para obter resultados satisfatórios em alguns casos.

### 13.REFERÊNCIAS

- AUGUSTO, Tácito Farias. **Mercado Futuro de café: Um Estudo de Caso**. Revista de Estudos Sociais, v.13. p.155, 2011.
- ARMSTRONG, J. S. **Principles of Forecasting: A handbook for Researchers and Practitioners**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001.
- BALLOU, R. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**. P. Alegre: Bookman, 2005.
- BOPP, A. E. **On Combining Forecasts: Some Extensions and Results**. Management Science, v. 31, 1492-1498, 1985.
- CHASE, C. W. **Demand-Driven Forecasting: A Structured Approach to Forecasting**. 2a ed. Cary: Wiley, 2013.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e de operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- CORRÊA, et al. (2001) – **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. 4ª ed. SP: Atlas.
- DA SILVA; E. D.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. rev. atual. Florianópolis: UFSC, 2005.
- ELSAYED, E. A.; BOUCHER, T. O. **Analysis and Control of Production Systems**. New Jersey: Prentice Hall, 1994.
- GOODWIN, P. **Improving the voluntary integration of statistical forecasts and judgement**. International Journal of Forecasting, v. 16, 85–99, 2000.
- LEMOS, F. O. **Metodologia para Seleção de Método de Previsão de Demanda**. Porto Alegre: UFRGS, 2006. 183 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de PósGraduação em Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C; HYNDMAN, R. J. **Forecasting: Methods and Applications**. 3a ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- MENTZER, J. T.; BIENSTOCK, C. C. **Sales Forecasting Management**. California: Sage, 1998.
- MENTZER, J. T.; COX Jr., J. E. **Familiarity, application, and performance of sales forecasting techniques**. Journal of Forecasting, v. 3, 11.1, p. 27-37, 1997.
- MOON, M. A.; MENTZER, J. T.; SMITH, C. D. **Conducting a sales forecasting audit**. International Journal of Forecasting, v. 19, 5–25, 2003.
- MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

OLIVEIRA, U.; MARINS, F.; DALCOL, P. **Seleção dos tipos de flexibilidade de manufatura versus seleção de carteira de ações: uma analogia para minimização de riscos e incertezas no ambiente fabril.** Anais do XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, Fortaleza, 2006.

PEINALDO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção: operações industriais e de serviços.** 1. ed. Curitiba: Unicenp, 2007.

PELLEGRINI, F. R. **Metodologia Para Implementação De Sistemas De Previsão De Demanda.** Porto Alegre: UFRGS, 2000. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

SANDERS, N. R.; MANRODT, K. B. **Forecasting practices in US corporations: survey results.** Interfaces, v. 24, 92- 101, 1994.

TUBINO, Dalvio Ferrari. (2000) – **Manual de Planejamento e Controle da Produção.** 2ª ed. São Paulo: Atlas.

TUBINO, Dalvio F. **Planejamento e Controle da Produção: teoria e prática.** São Paulo: Atlas, 2007.

VOLLMANN, T.; BERRY, W.; WHYBARK, D.; JACOBS, F. **Sistemas de planejamento & controle da produção para o gerenciamento da cadeia de suprimentos.** P. Alegre: Bookman, 2006.

WERNER, L. **Um Modelo Composto Para Realizar Previsão De Demanda Através Da Integração Da Combinação De Previsões E Do Ajuste Baseado Na Opinião.** Porto Alegre: UFRGS, 2004. 166 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

WERNER, Liane. **Utilização de técnicas de previsão para quantidade de leite industrializado no Brasil.** APREPRO, 2017.

WINTERS, P. R. **Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Average.** Management Science. v. 6, p. 324-342, 1960.