

## **PREVISÃO QUANTITATIVA DA DEMANDA DE AMIDO DE MILHO DE UMA AGROINDÚSTRIA**

**GENILSO GOMES DE PROENÇA<sup>1</sup>, JOSÉ AIRTON AZEVEDO DOS SANTOS<sup>2</sup>,  
CARLOS APARECIDO FERNANDES<sup>3</sup>, CARLA ADRIANA PIZARRO SCHMIDT<sup>4\*</sup>**

<sup>1</sup>Técnico Agrícola, Tecnólogo em Agronegócios, Mestrando do programa de Tecnologias Computacionais Para o Agronegócio, UTFPR, Campus Medianeira, genilsogp@gmail.com

<sup>2</sup>Dr. Engenharia Elétrica, Professor da UTFPR, Campus Medianeira-PR, airton@utfpr.edu.br

<sup>3</sup>Dr. Engenharia de Produção, Professor da UTFPR, Campus Medianeira-PR, carlosfernandes@utfpr.edu.br

<sup>4</sup>Dr<sup>a</sup>. Engenharia Agrônoma, Professora da UTFPR, Campus Medianeira-PR, carlaschmidt@utfpr.edu.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016  
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

**RESUMO:** A instrumentação aplicada à agroindústria vem se mostrando extremamente importante tendo em vista a realização de simulações e previsão de forma simples e rápida. O presente estudo objetivou a previsão de demanda de amido de milho, utilizando métodos quantitativos estatísticos de média móvel e Suavização Exponencial, com o auxílio dos *Softwares* Gretl e *Microsoft Excell*<sup>®</sup>. A pesquisa possibilitou para a agroindústria produtora de amido de milho, um conhecimento mais profundo de seu futuro com base no seu funcionamento passado. Os métodos escolhidos foram capazes de prever e ilustrar a sazonalidade de vendas do amido de milho com base em dados reais de acompanhamento de 70 meses de comercialização da empresa, sendo que o melhor método entre todos os avaliados pelo software foi o que tratou os erros e a sazonalidade de forma multiplicativa e a tendência de forma aditiva amortecida.

**PALAVRAS-CHAVE:** Instrumentação Agropecuária, Economia Agrícola, Planejamento e Controle de Produção, Estatística.

### **QUANTITY FORECAST OF CORN STARCH DEMAND OF AN AGRIBUSINESS**

**ABSTRACT:** The instrumentation applied to the agricultural industry has proven extremely important in view of performing simulations and forecasting simply and quickly. This study aimed at predicting cornstarch demand using statistical quantitative methods of moving average and Exponential Smoothing, with the help of Gretl Software and Microsoft Excell<sup>®</sup>. The research allowed for the production of agribusiness cornstarch, a deeper knowledge of their future based on their past performance. The methods chosen were able to predict and illustrate the seasonality of corn starch sales based on real data tracking 70 months of marketing the company, and the best method among all evaluated by the software was what tried errors and seasonality multiplicatively and additively trend damped.

**KEYWORDS:** Agriculture Instrumentation, Agricultural Economics, Production Control Planning, statistic.

### **INTRODUÇÃO**

A indústria de amido de milho Brasileira há vários anos vem mostrando grande importância tanto pela quantidade de grãos moídos como pelos investimentos aplicados (Souza, Peixoto & Toledo, 1995). Na região Sul do País o estado do Paraná se destaca como o principal produtor de milho sendo de acordo com o IBGE (2014), responsável por 65% da produção de milho dessa região.

Segundo Gonçalves (2007), o estudo de informações numéricas para o desenvolvimento de modelos de previsão é capaz de auxiliar no planejamento de todos os elos da cadeia produtiva avaliada, sendo ferramenta indispensável para o gestor.

Severo-Filho (2006), explica que a previsão pode ser realizada por métodos qualitativos, os quais não possuem nenhum rigor matemático ou quantitativos por meio de cálculos matemáticos baseados em dados históricos, sendo que entre as técnicas estatísticas mais utilizadas encontram-se a correlação, regressão linear, diversos tipos de médias móveis, técnicas exponenciais entre outras.

Gardner (2006), explana que os métodos de suavização exponencial, de Brown, Holt e Winters, se aplicam a uma grande variedade de modelagens de séries temporais, sendo dessa forma de acordo com esse autor, uma técnica mais ampla que a metodologia ARIMA ou de Box-Jenkins.

De acordo com Severo-Filho (2006), qualquer técnica utilizada apresentará erros, os quais devem ser monitorados, as mudanças nos sistemas devem ser notadas e por vezes o modelo precisa ser atualizado. Ord & Fildes (2013), comentam que a combinação de previsões estatísticas e a opinião de especialistas do setor seria a melhor maneira de minimizar os erros inerentes a qualquer previsão.

O presente estudo objetivou o desenvolvimento de um modelo quantitativo de previsão de demanda de amido de milho com base em dados históricos de uma agroindústria por meio de técnicas estatísticas de médias móveis e suavização exponencial.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente os dados mensais de demanda de amido de milho, entre março de 2010 e dezembro de 2015 foram coletados, diretamente do banco de dados da agroindústria e digitados em planilha *Microsoft Excel*<sup>®</sup>, objetivando o mascaramento dos dados a pedido da empresa, estes foram divididos por uma constante, que não afeta a realização das análises e evita a divulgação dos dados particulares da empresa.

Observou-se nesse momento a ausência de dados em alguns meses, o que dificulta a realização de previsão por meio da técnica de suavização exponencial, que se percebe como a mais adequada para os dados, pois o estudo inicial dos valores por meio de decomposição indicou a presença de sazonalidade. Outro fato importante foi que esses dados faltantes se encontravam no início da série temporal o que impediria a previsão por meio dessa mesma técnica, pois ela requer a existência de dados para mais de 30 meses seguidos e a empresa não possuía dados anteriores a março de 2010.

A seguir realizou-se uma análise descritiva com auxílio do *software* Gretl, onde verificou-se que a distribuição normal não foi obedecida para os dados brutos e a realização da análise com esses dados sem nenhuma transformação apresentou valores de erros muito elevados.

Mesmo não sendo pré-requisito para o uso da metodologia, optou-se pela realização de uma transformação dos dados para aproximá-los da distribuição normal, sendo que a aplicação de raiz quadrada foi suficiente para que estes se adequassem à distribuição normal. Bermúdez, Corberán-Vallet & Vercher (2009) e Matias Junior & Martins (2009), também obtiveram melhores resultados para suas previsões por meio dos métodos de suavização exponencial em dados transformados.

Bermúdez, Corberán-Vallet & Vercher (2009), citam diversas técnicas para estimar observações faltantes, desde o uso de complexos algoritmos até a colocação de valores arbitrários nos meses onde as observações reais tenham sido perdidas. Nesse estudo, visando solucionar o problema dos dados faltantes realizou-se a princípio uma previsão por meio do uso do método da média móvel de 4 períodos, com auxílio de do *Add in Stat Pro* do *Microsoft Excel*<sup>®</sup>, nos dados transformados e os dados estimados por meio dessa técnica foram utilizados em substituição dos valores faltantes nas séries.

Depois da série completada, realizou-se a previsão pelos métodos de suavização exponencial, pelo *Add in NNQ* do *Microsoft Excel*<sup>®</sup>, para os quatro últimos meses do ano de 2015, visando a validação do modelo. A previsão foi alcançada com base na série de dados desde março de 2010 até agosto de 2015, os resultados para vários modelos descritos por Hyndman & Athanasopoulos, (2016), foram obtidos e escolheu-se o melhor modelo com base no menor valor de U de Theil, pois os valores de erros e Akaike foram muito semelhantes para todos os modelos possíveis testados.

A seguir o modelo escolhido que foi o que tratou os dados por meio de uma correção de erros multiplicativa, a tendência de forma aditiva amortecida e a sazonalidade de forma multiplicativa (MAdM), foi aplicado aos dados e os resultados previstos foram validados. Finalmente uma previsão para o próximo ano foi realizada por meio do modelo escolhido.

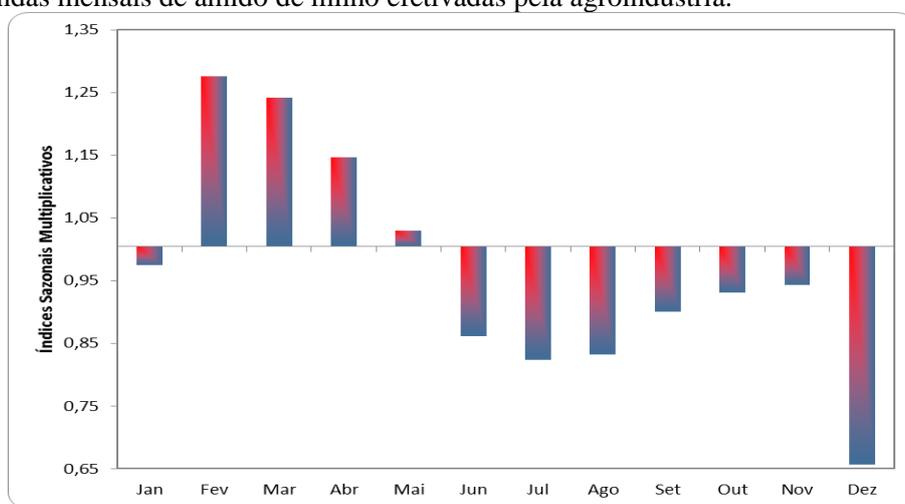
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se com base na análise de decomposição disponibilizada no gráfico ilustrado na Figura 1 que o peso encontrado para sazonalidade em cada um dos meses variou ao longo do ano para a venda do amido de milho efetivada pela agroindústria estudada.

De acordo com Zoneamento Agrícola para a cultura do milho no estado do Paraná disponibilizado pelo MAPA (2015), a recomendação de plantio desse cereal para o local onde se situa a agroindústria vai desde o final do mês de agosto até dezembro, sabendo-se que o ciclo do milho varia entre 110 a 145 dias a colheita se situará entre janeiro e abril.

A sazonalidade positiva de venda de amido de milho de acordo com a análise dos dados localizou-se entre fevereiro e maio, sabendo-se que a colheita do milho se inicia em janeiro a indústria inicia a produção do amido que apresenta seu pico de vendas no mês de fevereiro, época na qual também ocorre o pico da colheita, e conseqüentemente existe na região abundância de matéria prima. Na seqüência a produção vai se reduzindo, mas permanece com sazonalidade positiva até o mês de maio, quando inicia um ciclo sazonal negativo onde as vendas desse produto são reduzidas.

Figura 1 – Índices sazonais multiplicativos obtidos por meio da análise de decomposição realizada nos dados de vendas mensais de amido de milho efetivadas pela agroindústria.



A Tabela 1 apresenta os resultados comparativos de quatro tipos de erros calculados pelo software, do coeficiente de autocorreção  $r^1$  que deve ser próximo de zero, o valor de U de Theil que deve ser inferior a 1,0 e o valor de Akaike (AIC) que quanto menor for melhor se mostra o modelo, porém todos os itens devem ser avaliados como um conjunto.

Tabela 1 – Resultado comparativo dos métodos de Suavização Exponencial testados pelo software.

Método	DM	MAE	RMSE	MAPE	$r^1$	U de Theil	AIC
ANA	1,047	7,105	9,258	32,18%	-0,011	1,049	598,276
MNA	-0,322	9,112	14,822	88,90%	0,384	1,388	616,264
AAA	-0,089	0,03	9,246	32,33%	0,005	0,991	602,117
MAA	-1,157	9,674	12,722	63,64%	0,315	0,939	636,781
AAAdA	0,408	6,927	9,108	35,58%	0,017	0,900	602,122
MAdA	-0,142	8,792	12,047	64,08%	0,325	0,955	634,564
MNM	-1,091	9,904	17,988	104,35%	0,357	1,691	619,097
MAM	-2,613	8,847	12,535	61,60%	0,350	0,925	622,260
MAdM	-0,477	7,951	11,023	40,90%	0,331	0,731	613,036
MMM	-2,296	9,824	17,997	104,67%	0,348	1,687	623,170
MMdM	-1,071	8,819	12,623	65,09%	0,374	1,071	622,213

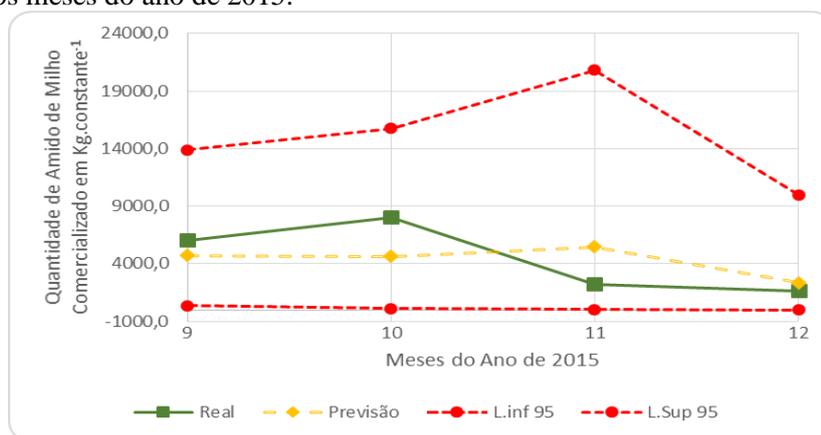
Cinco modelos foram descartados por apresentarem U de Theil superior a 1,0 pois indica que esses métodos de previsão se comportariam de forma inadequada, sendo a escolha do método ingênuo

de previsão melhor do que eles. Dessa forma, nesse estudo apesar de outros métodos apresentarem valor de Akaike menor e valores de erros menores, resolveu-se optar pelo método MAdM pois dentre os demais métodos o seu valor de U de Theil foi o menor dos modelos avaliados 0,731 indicando que ele seria bem melhor que o método ingênuo de previsão, como esse valor é representativo da acurácia e precisão de um modelo ele foi escolhido como critério de escolha do modelo.

Para esse modelo os valores das constantes encontrados pelo software foram 0,57 para alfa que representa a constante de nível, 0,01 para beta que representa a constante de tendência, 0,01 para gama que representa a constante de sazonalidade e 0,90 para fi que representa a constante de amortecimento, sendo que os erros e a correção da sazonalidade foram tratados de forma multiplicativas e a tendência de forma aditiva amortecida. Após a escolha do modelo este foi utilizado para realização da previsão de vendas de amido de milho pela agroindústria para os quatro últimos meses do ano para os quais os valores reais eram previamente conhecidos, objetivando a validação do modelo.

Ao longo de todo o tempo os valores reais estiveram dentro das faixas dos limites de confiança ao nível 95% calculadas para os dados. Observou-se que o modelo se aproximou muito dos valores reais de vendas em todos os meses estudados, sendo que indicou valores levemente superior para os meses de setembro e outubro e inferior para os meses de novembro e dezembro, sendo que em média foi capaz de prever os valores das vendas (Figura 2).

Figura 2 – Comparação dos valores previsto pelo método de previsão escolhido e os valores reais para os quatro últimos meses do ano de 2015.



Após a seleção e validação do modelo realizou-se a previsão para o próximo ano para a indústria (Tabela 2), sendo que o U de Theil indicado para o modelo foi de 0,744, o MAPE foi de 39,69% e entre todos os modelos utilizados este modelo apresentou o menor valor Akaike. As constantes alfa e fi apresentaram pequena variação, sendo que os respectivos valores foram de 0,55 e 0,80, sendo que as demais permaneceram inalteradas.

Tabela 2 – Dados da previsão de venda de amido de milho em ton.constante<sup>-1</sup> para o ano de 2016 com base nos dados históricos de venda da agroindústria pelo modelo MAdM.

Datas	Tempo	Previsão	L.inf 95%	L.Sup 95%
jan/16	71	4376,91	412,42	12545,88
fev/16	72	9266,48	354,46	30170,95
mar/16	73	7424,16	64,35	26996,18
abr/16	74	6692,35	0,07	26855,19
mai/16	75	5110,49	46,11	22429,82
jun/16	76	3398,75	114,26	16201,99
jul/16	77	3155,33	228,47	16246,02
ago/16	78	3184,52	396,28	17627,80
set/16	79	3466,18	655,35	20548,75

out/16	80	3854,96	1024,94	24395,73
nov/16	81	4045,56	1434,52	27252,91
dez/16	82	1681,02	765,01	12025,16

## CONCLUSÕES

Apesar da série apresentar dados faltantes o uso dos resultados da previsão obtidos por meio de médias móveis mostrou-se eficiente no preenchimento das lacunas, pois depois da previsão para o final do ano de 2015 observou-se proximidade dos valores previstos com os reais o que foi suficiente para validar o modelo escolhido.

Concluiu-se que o método de suavização exponencial MAdM foi o mais indicado para série temporal avaliada e realizou-se uma previsão de vendas de amido de milho por essa técnica para o ano de 2016, isso é de suma importância para a agroindústria que diante da previsão futura pode planejar sua aquisição de matéria prima, elaboração de contratos de compra e planejamento da produção.

## AGRADECIMENTOS

Mesmo que os princípios éticos firmados no início do estudo impeçam a identificação nominal de pessoas e da empresa, agradece-se aos funcionários e à administração da agroindústria pela disponibilidade e atenção, espera-se que o estudo possa ser de grande utilidade tanto para empresa acompanhada quanto para o desenvolvimento da ciência.

Agradece-se ainda aos responsáveis pelo custeio da UTFPR pela concessão de bolsa de mestrado por seis meses ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

- Bermúdez, José D.; Corberán-Vallet, Ana; Vercher, Enriqueta. Forecasting time series with missing data using Holt's model. *Journal of Statistical Planning and Inference*, v.139, n.8, 2009, p.2791–2799.
- Gardner, Everette S. Exponential smoothing: The state of the art—Part II. *International Journal of Forecasting*, v.22, n.4, 2006, p.637–666.
- Gonçalves, Fabio. *Excel Avançado 2003/2007. Forecast: Análise e Previsão de Demanda*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2007. 367p.
- Hyndman, Rob J; Athanasopoulos, George. *Forecasting: principles and practice*. Texts Online, Open-Access Textbooks. 2016. Disponível em: < <https://www.otexts.org/fpp/7/6>>. Acesso em: 15 fev. 2016.
- IBGE. *Estados@. Milho em Grão – Quantidade Produzida*. 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=pr&tema=lavouratemporaria2014>>. Acesso em: 20 mai. 2016.
- MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. *Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de milho no Estado do Paraná, ano-safra 2015/2016*. Portaria Nº 158, de 4 de agosto de 2015.
- Matias Jr, Rivalino; Martins, Patryck Ramos. *Workshoping de Software Livre*. Proceedings of WSL, 2009. Disponível em: <[http://people.softwarelivre.org/wsl/2009/0021/55349\\_1.pdf](http://people.softwarelivre.org/wsl/2009/0021/55349_1.pdf)>. Acesso em: 27 mai. 2016.
- Ord, Keith; Fildes, Robert. *Principles of Business Forecasting*. Mason: South-Western Cengage Learning, 2013. 528p.
- Severo-Filho, João. *Administração de Logística Integrada: Materiais, PCP e Marketing*. 2.ed. Rio de Janeiro: E-papers, 2006. 310p.
- Souza, Julio Seabra Inglez; Peixoto, Aristeu Mendes; Toledo, Francisco Ferraz de. *Enciclopédia Agrícola Brasileira*. ESALQ. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1995. 500p.