



Estudo da Previsão de Demanda com Base nas Técnicas Quantitativas para Demandas Sazonais

*Ana Claudia Nascimento Santos, Gerson Prando e José Carlos Morilla

UNISANTA- Universidade Santa Cecília - Programa de Pós-Graduação
Especialização em Engenharia de Produção
Rua Oswaldo Cruz, 266. 11045-100, Santos-SP, Brasil.

*E-mail: anaclaudia-94@live.com

Received December, 2019

Resumo: Devido ao confronto crítico das organizações para uma vantagem competitividade mercadológica e com base nas questões financeiras, tendo em vista que o excesso de estoque significa perda financeira, assim como a falta de oferta compreende em uma perda de vendas, a formulação do prognóstico de demanda tem valor fundamental para uma gestão estratégica eficiente na cadeia de suprimentos de uma empresa. O artigo tem como objetivo a identificação da singularidade dos modelos de Decomposição Clássica e de *Holt-Winters* para a aplicação em demandas de características sazonais com a finalidade de uma seleção mais apropriada do método de previsão de demanda, e para isso foi realizado um estudo comparativo e uma análise das aplicações dos dois modelos. Concluiu-se que os modelos podem ser aplicados em conjunto, após identificar o padrão sazonal para as versões aditivas ou multiplicativas de cada modelo, assim como é fundamental a atualização de suas aplicações para se tornarem mais assertivos.

Palavras-chave: Previsão de Demanda. Sazonalidade. Decomposição Clássica. *Holt-Winters*.

Demand Forecast Study Based on Quantitative Techniques for Seasonal Demands

Abstract: Due to the critical conflict of organizations aiming to obtain a competitive advantage and taking into account financial matters, knowing that excess inventory means financial loss, as lack of stock signifies loss of sales, the demand forecast is critical to strategic management in a company's supply chain. The article aims to identify the uniqueness of the models of Classical Decomposition and Holt-Winters for the application in seasonal demands with the purpose of a more appropriate selection of the demand prediction method, and for this a comparative study and an analysis of the applications of the two models were carried out. It was concluded that the models can be applied together, after identifying the seasonal pattern for the additive or multiplicative versions of each model, as well as updating their applications to become more assertive.

Keywords: Demand Forecast. Seasonality. Classic Decomposition. Holt-Winters.

1. Introdução

Será abordado neste artigo um estudo entre modelos quantitativos de previsão de demanda para consumos com características sazonais. A respeito dos métodos quantitativos, têm-se os modelos de decomposição de séries temporais - que é apoiado por registros estáticos de demandas acontecidas no passado. Dentre eles, existem os seguintes modelos: modelos baseados na média móvel

(média simples, média ponderada ou com suavização exponencial), modelos de regressão linear e o modelo de decomposição clássica. Além disso, há o modelo de *Holt-Winters*, para quando a característica da demanda for dinâmica. Neste artigo será exposto apenas os estudos provenientes dos modelos de Decomposição Clássica e de *Holt-Winters*, tendo em vista que apresentam aplicações viáveis para a peculiaridade do consumo sazonal e que os demais supracitados não possuem a aplicação possível neste perfil de demanda.

O tema apresentado é fundamental para que as empresas tenham um desenvolvimento e alcance no mercado desejado, já que o prognóstico da demanda traz informações valiosas sobre seu mercado-alvo e é a base das decisões estratégicas de uma cadeia de suprimentos. Com a aplicação do método de previsão faz-se possível uma gestão eficiente que estabelece a diminuição dos riscos de perdas de vendas e o excesso de estoque.

O objetivo geral do artigo é identificar a aplicabilidade de cada um dos métodos, caracterizando suas vantagens e possíveis adversidades para conduzir a seleção ideal do modelo de previsão de demanda, tendo como alvo a demanda sazonal de um produto.

A metodologia utilizada neste artigo baseia-se em revisão bibliográfica de conceitos de modelos de previsões de demanda diferentes, com o método indutivo, já que as induções são encaminhadas a partir de observação e descoberta de relações entre os dados particulares. De acordo com Marconi e Lakatos [1], a revisão bibliográfica é essencial para que o problema seja limitado em um projeto de pesquisa e para o alcance de um entendimento apurado sobre o objeto em estudo.

1. Referencial Teórico

2.1. Previsão de demanda

Previamente, conceitua-se a definição de demanda como desejos - apoiados pelo poder de compra - por produtos específicos os quais sejam fundamentados pela capacidade e disposição de compra [2].

Uma vez em que as empresas tenham suas atividades direcionadas para o segmento escolhido baseado nas oportunidades do mercado e em cima de previsões, principalmente sobre a previsão de demanda, segundo Tubino [3], pode-se afirmar que esta caracteriza-se como base das decisões estratégicas da cadeia de suprimentos, ou seja, é a base do planejamento das áreas de produção, finanças e vendas de qualquer empresa.

O compromisso com a preparação da previsão de demanda é de responsabilidade do setor de *Marketing* ou Vendas, mas estas previsões são utilizadas frequentemente pelo setor de Planejamento e Controle de Produção (PCP), classificadas em dois momentos: o primeiro deles refere-se ao planejamento do sistema produtivo. Neste caso utiliza-se as previsões de longo prazo para a determinação estratégica do plano de produção em que agrega a definição do produto ou serviço a oferecer ao mercado, assim como a definição de instalações, equipamentos e qualificação de mão de obra; o segundo momento retrata o planejamento do uso do sistema produtivo, o qual relaciona-se com o planejamento da utilização dos recursos disponíveis, incluindo os planos de arma-

zenagem, compras, reposição de estoque e sequência de produção [3].

2.2. Padrões de demanda

Quando os dados históricos de demanda são contrapostos em escala de tempo, um padrão de uma série temporal será criado e nele será possível observar que a demanda real varia de um período para outro. Isso se dá por quatro componentes: a tendência, a sazonalidade, a variação aleatória e o ciclo [4].

Arnold [4] nos define cada componente como:

- a tendência é observada quando a demanda sofre uma tendência a cair, subir ou se manter constante. Ela pode se apresentar na forma linear, exponencial ou geométrica;
- a sazonalidade é constatada quando a demanda apresenta flutuações ao decorrer do período, geralmente ocorre na base anual. Ela pode ser causada por consequências do clima, período do ano ou eventos particulares de categoria sazonal;
- quando fatores afetam a demanda em períodos específicos temos a chamada variação aleatória, que pode ser pequena ou grande;
- já o ciclo pode ser a consequência de aumentos ou diminuições ondulatórias na economia que influenciam a demanda.

2.3. Modelo de Holt-Winters

O modelo de *Holt-Winters* apresenta procedimentos que levam em consideração as três constantes diferentes de alisamento, as quais são associadas aos componentes do padrão da série: nível, tendência e sazonalidade [5].

Esse modelo é amplamente utilizado em gerenciamento de estoque e previsão de vendas. Além disso, alguns trabalhos estimularam o interesse por esta técnica, resultando bases teóricas sólidas para a técnica e tendo modelos estatísticos subjacentes examinados [6].

De acordo com Caiado [7], *Holt-Winters* é adequado para séries com tendência linear e os efeitos sazonais dos dados - apresenta dois métodos que combinam com as técnicas de séries temporais, sendo eles o método Multiplicativo e o método Aditivo.

2.4. Holt-Winters multiplicativo

O método de *Holt-Winters* na forma multiplicativa contempla séries com características de tendência linear e movimentos sazonais. Porém a amplitude variante no tempo da sazonalidade de forma crescente é uma premissa básica para a técnica multiplicativa. Já relacionado à tendência, esta continua possuindo formulação aditiva. As equações a seguir apresentam a versão do modelo de *Holt-Winters* para o caso da sazonalidade multiplicativa [7].

$$a(t) = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(a_{(t-1)} + b_{(t-1)}), \quad 0 < \alpha < 1 \quad \text{Eq. (5)}$$

$$b(t) = \beta[a_t - a_{(t-1)}] + (1 - \beta)b_{(t-1)}, \quad 0 < \beta < 1 \quad \text{Eq. (6)}$$

$$S_t = \gamma[Y_t - a(t)] + (1 - \gamma)S_{t-s}, \quad 0 < \gamma < 1 \quad \text{Eq. (7)}$$

$$\hat{Y}_{T+n} = a'(T) + b'(T)n + S_{T+n-s}, \text{ em que } n = 1, 2, 3... \quad \text{Eq. (8)}$$

Posto que se faz necessário o cálculo dos valores iniciais de $a(t)$, $b(t)$ e $S(t)$ para arrancar o algoritmo de *Holt-Winters*, exposto nas equações seguintes.

$$a'(s) = (1/s) \sum_{t=1}^s Y_t \quad \text{Eq. (9)}$$

$$b'(s) = (1/s^2) (\sum_{t=s+1}^{2s} Y_t - \sum_{t=1}^s Y_t) \quad \text{Eq. (10)}$$

Método aditivo:

$$Y_t = T_t + S_t + e_t + C_t \quad \text{Eq. (11)}$$

Método Multiplicativo:

$$Y_t = T_t \times S_t \times e_t \times C_t \quad \text{Eq. (12)}$$

Série livre de sazonalidade:

$$\hat{T} = Y_t - S_t = T_t + e_t \quad \text{Eq. (13)}$$

2.1. Modelo de Decomposição Clássica

Conforme Ballou [8], a decomposição clássica apresenta um fundamento de que quatro categorias podem compor um padrão histórico de vendas: a tendência, que representa a direção geral a longo prazo nas vendas; a variação sazonal, caracterizada pelos picos nas séries de tempo; a variação cíclica, referente as oscilações ao longo do prazo; e ao termo aleatório, sendo estas flutuações de curto período e deslocamento inexplicável.

As representações dos métodos de decomposição aditivo e multiplicativo encontram-se nas equações que seguem [9].

3. Discussão

Neste tópico serão feitas análises de aplicações de cada um dos dois modelos apresentados com base em revisão literária.

3.1. Aplicação do Modelo de Holt-Winters em uma Indústria Têxtil

A Tabela 1 apresenta dados da produção total de produtos de vestuário infantil entre março de 2008 a fevereiro de 2011 de uma empresa têxtil situada em Santa Catarina.

Tabela 1. Série de dados da empresa têxtil.

	2008	2009	2010	2011
Janeiro		661.739	728.643	843.348
Fevereiro		821.654	884.565	1.158.469
Março	814.552	755.350	873.754	
Abril	779.349	693.069	865.629	
Maio	1.038.955	901.356	1.176.554	
Junho	1.079.083	1.075.301	1.082.864	
Julho	1.277.628	1.244.583	1.310.673	
Agosto	1.274.927	1.251.458	1.298.396	
Setembro	1.082.136	1.088.239	1.292.469	
Outubro	1.211.421	1.359.611	1.353.218	
Novembro	995.827	1.283.188	1.557.801	
Dezembro	721.082	671.148	710.803	

Fonte: Milnitz et al. (2011) [10]

A Figura 1 expressa a aplicação do método de decomposição para verificar os componentes de tendência e de sazonalidade separadamente da série de dados. Com isso, pode-se observar uma leve tendência positiva juntamente a uma marcante sazonalidade, cuja sua extensão de variação é igual no decorrer do tempo, portanto defini-se como componente sazonal aditiva.

Desta forma, o modelo mais adequado é o modelo de *Holt-Winters* aditivo.

Dispõe-se na Tabela 2 os valores calculados com a versão aditiva do modelo de *Holt-Winters*.

Em seguida os dados foram expostos num gráfico de linhas exibido pela Figura 2 para análise da perspectiva de aderência do modelo na série. Desta forma compreende-se uma certa aderência com erros de previsão, fazendo concordância com Samohyl et al. [11] de que erros sempre serão gerados por previsões. Entretanto os meses de novembro e dezembro possuem uma discrepância grande entre os dados observado e previsto. Com isso a qualidade do modelo pode ser lesada, devendo então realizar uma análise deste dado em sua fonte geradora e um trabalho na série para possibilitar uma maior aderência do modelo [11].

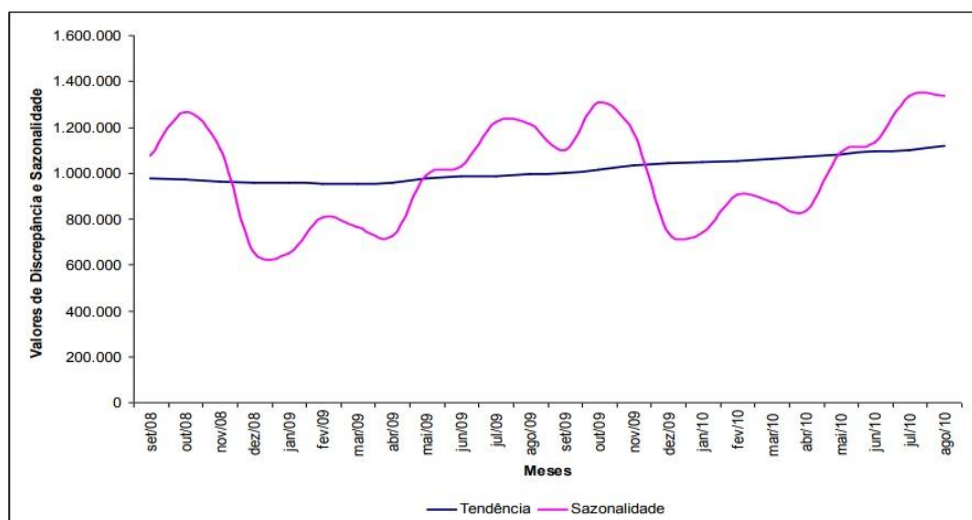


Figura 1. Gráfico das Componentes Tendência e Sazonalidade.

Tabela 2. Dados calculados da previsão *Holt-Winters* Aditivo.

Meses	Série Obs.	Série Prev.	Discrepância
Março/2010	873.754	867.606	6.148
Abril/2010	865.629	840.408	25.221
Mai/2010	1.176.554	1.104.244	72.310
Junho/2010	1.082.864	1.163.018	-80.154
Julho/2010	1.310.673	1.362.113	-51.440
Agosto/2010	1.298.396	1.354.877	-56.481
Setembro/2010	1.292.469	1.232.135	60.334
Outubro/2010	1.353.218	1.450.690	-97.472
Novembro/2010	1.557.801	1.295.900	261.901
Dezembro/2010	710.803	904.925	-194.122
Janeiro/2011	843.348	888.984	-45.636
Fevereiro/2011	1.158.469	1.049.424	109.045
Março/2011		1.034.970	
Abril/2011		1.007.289	
Mai/2011		1.267.272	
Junho/2011		1.310.749	

Fonte: Milnitz et al. (2011) [10]

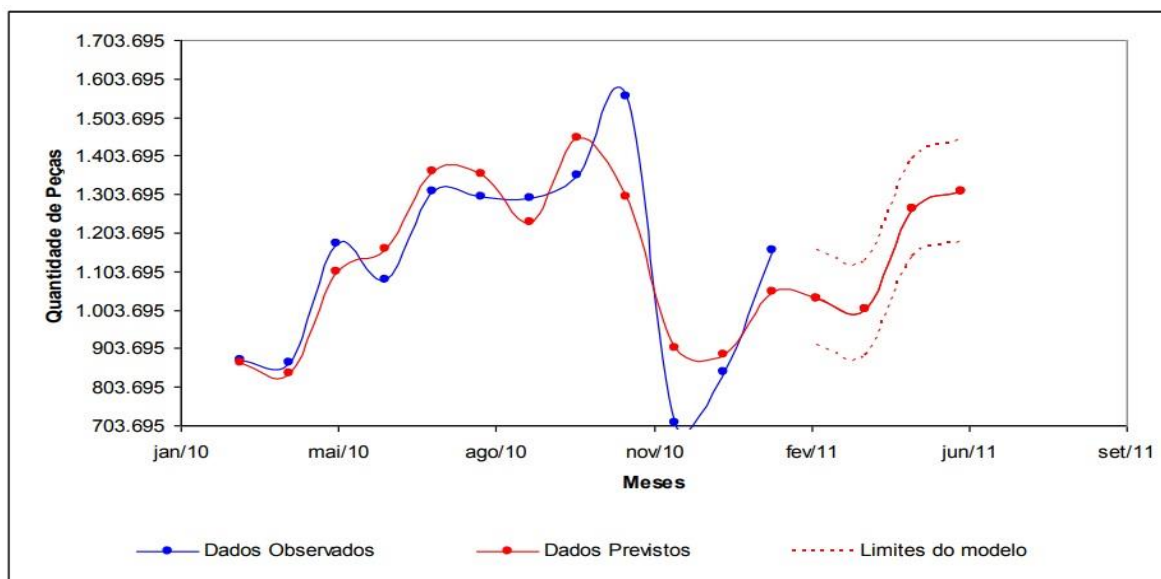


Figura 2. Gráfico de Previsão do modelo *Holt-Winters* aditivo.

3.1. Aplicação do Modelo de Decomposição Clássica

A proposta de aplicação do modelo de decomposição clássica é através da produção mensal de óleo diesel no Brasil em metros cúbicos. Através da Figura 3 os dados são apresentados de janeiro de 2000 a agosto de 2014, os quais foram extraídos do Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2014.

Inicialmente a componente T_t foi estimada através do processo de média móvel simples. Posteriormente, o cálculo da série livre de tendência foi realizado. Desta forma, a sazonalidade foi calculada para componente sazonal para cada um dos meses deu-se através da obtenção da média referente a cada mês da série livre de tendência. Então, deu-se a estimativa da tendência através da série livre de sazonalidade por um modelo adotado de regressão linear entre a produção dessazonalizada e o tempo, com $R^2 = 0,8366$. A previsão foi realizada pela versão do modelo de decomposição clássica aditivo.

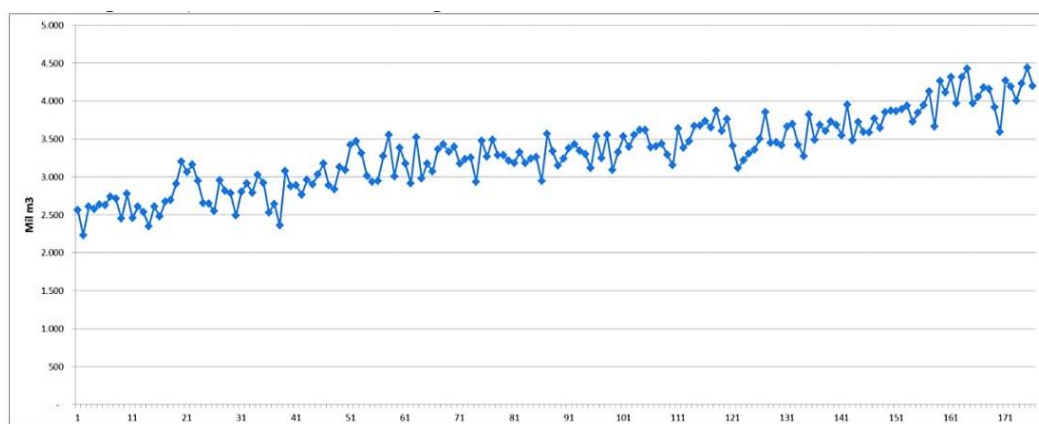


Figura 3. Produção Mensal de óleo diesel no Brasil: 2000-2014.

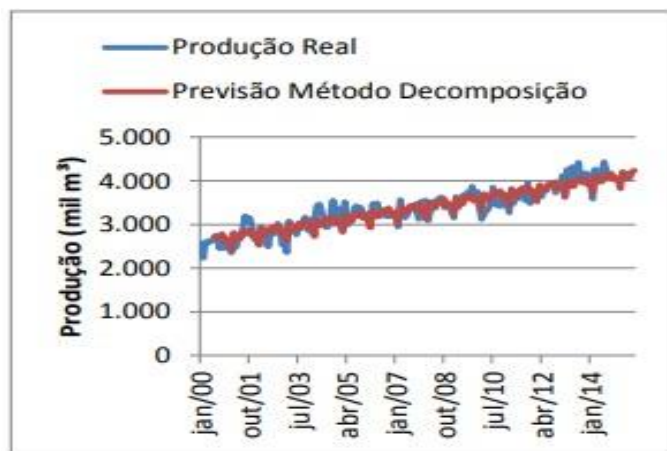
Tabela 3. Previsão pela modelo decomposição clássica.

Meses	Índice Sazonal	Tendência (Regres. Linear) - $R^2 = 0,8366$	Previsão
Setembro/2014	24.193	4.052.295	4.076.488
Outubro/2014	112.887	4.060.583	4.173.470
Novembro/2014	-45.391	4.068.872	4.023.481
Dezembro/2014	3.981	4.077.161	4.081.142
Janeiro/2015	-82.542	4.085.450	4.002.908
Fevereiro/2015	-275.975	4.093.739	3.817.764
Março/2015	104.459	4.102.027	4.206.486
Abril/2015	-43.436	4.110.316	4.066.880
Maio/2015	33.798	4.118.605	4.152.403
Junho/2015	-55.803	4.126.894	4.071.091
Julho/2015	87.623	4.135.183	4.222.806
Agosto/2015	92.810	4.143.471	4.236.281

Fonte: Bastos (2014) [9]

Finalmente a Figura 4 exprime os valores previstos e reais do modelo de decomposição clássica. Pode-se verificar que os valores estimados, pelo método de

decomposição clássica, se ajustaram às variações observadas na série real.

**Figura 4.** Gráfico de Previsão do modelo de decomposição clássica aditivo.

4. Considerações Finais

Com as aplicações demonstradas neste artigo conclui-se que as demandas sazonais podem possuir um padrão e identificá-lo, através do histórico, é fundamental para classificar a versão do modelo a ser empregada, sendo que, a aditiva se adapta a um padrão estacionário de amplitude, e a multiplicativa adéqua-se a um padrão de amplitude crescente ou decrescente no decorrer do tempo. Além disso, observa-se que vários modelos podem ser utilizados na previsão de demanda em conjunto, assim exposto na aplicação do modelo de *Holt-Winters* numa indústria têxtil, em que foi empregado inicialmente o modelo de decomposição para identificar os componentes na demanda como tendência, sazonalidade, ciclo e variações aleatórias, para posteriormente continuar o prognóstico com o modelo ali estudado.

Comumente a tudo isso, o modelo de previsão aplicado não deve ser estático. Este deve ser avaliado constantemente para torná-lo adaptável e mais assertivo. Dessa forma, compreender o comportamento da demanda e de forma crítica e atualizada realizar as previsões utilizando um ou mais modelos é fundamental para trazer uma maior credibilidade nos resultados das previsões, assim permitindo decisões acertadas sobre os recursos ou decisões da empresa.

Referências

- [1] Marconi, M. de A.; Lakatos, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- [2] Kotler, P.; Armstrong, G. **Princípios de marketing**. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2009
- [3] Tubino, D. F. **Planejamento e Controle de Produção**. Teoria e Prática 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- [4] Arnold, J. R. T. **Administração de materiais: Uma Introdução**. Tradução de Celso Rimoli e Lenita R. Esteves. São Paulo: Atlas, 2015
- [5] Morettin, P.A.; Toloi, C.M.C. **Análise de Séries Temporais**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.
- [6] Tratar, F. L. **Joint optimisation of demand forecasting and stock control parameters**. *International Journal of Production Economics*, 2010. vol. 127, p. 173-179.
- [7] Caiado, J. **Métodos de previsão em Gestão: com aplicações em Excel**. 2. ed. Lisboa, 2016.
- [8] Ballou, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial**. Tradução de Raul Rubenich. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006
- [9] Bastos, R. F. **Avaliação de desempenho de modelos de séries temporais para previsões da produção de óleo diesel nacional**. 2014. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/marineengineeringproceedings/spolm2015/140494.pdf>>. Acessado em: 02/08/2018
- [10] Milnitz, D.; Marchi, J. J.; Samohyl R. W. Previsão da Demanda: uma aplicação do método Holt Winters em uma indústria têxtil de grande porte. ABEPRO. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_135_856_18148.pdf>. Acessado em: 07/08/2018
- [11] Samohyl, R. W; Souza, G.; Miranda, R. **Métodos Simplificados de Previsão Empresarial**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.