

# SAZONALIDADE EM SÉRIES TEMPORAIS ECONÔMICAS: UM LEVANTAMENTO SOBRE O ESTADO DA ARTE<sup>1</sup>

Francisco Alberto Pino<sup>2</sup>  
Vera Lúcia Ferraz dos Santos Francisco<sup>3</sup>  
Sérgio Augusto Galvão César<sup>4</sup>  
Maria de Lourdes Sumiko Sueyoshi<sup>5</sup>  
Ana Maria Pereira Amaral<sup>4</sup>

## RESUMO

Apresenta-se um levantamento do estado da arte sobre sazonalidade, principalmente para séries temporais econômicas. A sazonalidade deve-se normalmente a variações climáticas relacionadas às estações do ano, ou a fatores culturais relacionados a efeitos de calendário. Os métodos para ajustamento sazonal podem ser classificados em três grupos: métodos de decomposição baseados na suavização por médias móveis (tais como a versão X-11 do Método II do Censo e o método BLS), o enfoque de análise espectral e os métodos baseados em modelos (isto é, a estimação dos parâmetros de um modelo que supostamente tenha gerado o processo, tal como um modelo ARIMA ou de regressão). Esses enfoques são discutidos e comparados, sendo detalhados os seguintes: a versão X-11 do Método II do Censo, o método de análise espectral e os métodos baseados em modelos. Outros tópicos também são comentados: testes para sazonalidade, métodos gráficos, métodos robustos, efeitos do ajustamento sazonal sobre a série temporal, efeitos de agregação sobre a sazonalidade, efeitos de erros amostrais sobre o ajustamento sazonal, raízes unitárias e tendência.

**Palavras-chave:** X-11, ARIMA, análise espectral, ajustamento sazonal.

## SEASONALITY IN ECONOMIC TIME SERIES: A STATE OF THE ART SURVEY

### SUMMARY

A state of the art survey on seasonality is presented mainly for economic time series. The seasonality is usually either due to climate variations related to the year seasons or to cultural factors related to calendar effects. The methods for seasonal adjustment may be classified into three groups: decomposition methods based on moving average smoothing (such as the X-11 variant of the Census Method II and the BLS method), the spectral analysis approach, and the model based methods (i.e., estimating the parameters of a model supposed to have generated the process, such as an ARIMA or regression model). These approaches are discussed and compared and the following are detailed: the X-11 variant of the Census Method II, the spectral analysis method and the model based methods. Other topics are also commented: tests for seasonality, graphical methods, robust methods, effects of seasonal adjusting over the time series, effects of aggregation over seasonality, effects of sampling errors over seasonal adjustment, unit roots, and trends.

**Key-words:** X-11, ARIMA, spectral analysis, seasonal adjustment.

---

<sup>1</sup>Este trabalho é parte integrante do projeto SPTC 16-038/93. Os autores dedicam este trabalho à Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Nazira Gait, *in memoriam*, e agradecem a Armando Moreno a colaboração na revisão de literatura. Recebido em 28/04/94. Liberado para publicação em 15/06/94.

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador Científico, Coordenadoria Sócio-Econômica.

<sup>3</sup>Estatístico, Pesquisador Científico do Instituto de Economia Agrícola.

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, MS, Pesquisador Científico do Instituto de Economia Agrícola.

<sup>5</sup>Matemático, Pesquisador Científico do Instituto de Economia Agrícola.

Mesmo que todos os dias sejam de trabalho, como na agricultura, a diferença do número total de dias de cada mês acaba influenciando o valor da variável, por exemplo, na produção mensal de leite (ver exemplo em VICENTE et alii, 1978). Decisões institucionais ou individuais sobre o uso do tempo também podem causar sazonalidade (geralmente determinística), como no caso de férias escolares, pagamento de dividendos por companhias, final do ano fiscal, etc. (GRANGER, 1978). Segundo o mesmo autor, também as expectativas podem gerar um padrão sazonal, por exemplo, a produção de brinquedos, na expectativa de maiores vendas durante o período natalino, ou a diminuição das construções durante os meses chuvosos, ou o planejamento das férias que as pessoas fazem em função da expectativa das condições do tempo.

Em resumo, a variação estacional numa variável econômica é o resultado de causas naturais, econômicas, sociais e institucionais (PIERCE, 1980b; GRANGER, 1978; GREYER & NERLOVE, 1970).

Em alguns casos, a sazonalidade pode ser determinística, isto é, com picos e vales regulares que ocorrem sempre na mesma época do ano, por exemplo, quando causada por feriados, calendários escolares, etc. Alguns autores argumentam que, neste caso, a magnitude dos efeitos desses fatores pode variar ao longo do tempo, sendo necessário permitir variações ao longo do tempo na magnitude dos coeficientes sazonais (STEPHENSON & FARR, 1972; HYLLEBERG, 1986), enquanto outros argumentam que tal não é necessário (BARSKY, 1988; BARSKY & MIRON, 1989). Entretanto, GRANGER (1978) chegou à conclusão de que não é correto considerar determinística a componente sazonal e de que não é possível obter uma decomposição completa em componentes sazonal e não sazonal analisando somente o passado da série. PIERCE (1978) propõe uma técnica para tratar séries em que apareçam tanto sazonalidade determinística quanto estocástica.

## 1.2 - Testes para Sazonalidade

MORETTIN & TOLOI (1986) apresentam alguns testes no domínio de tempo para existência de sazonalidade nos quais são testadas as hipóteses:

$H_0$ : não existe sazonalidade determinística;

$H_1$ : existe sazonalidade determinística.

A existência da sazonalidade pode ser testada antes ou depois da estimação da componente sazonal. Entre os testes, os autores apresentam o teste de Kruskal-Wallis e o teste de Friedman (testes não paramétricos) e um teste F rotineiro como em uma análise de variância (teste paramétrico). Antes da aplicação dos testes, os autores recomendam a eliminação da tendência caso ela esteja presente na série, sendo as observações ( $Z_{ij}$ ) substituídas por  $Y_{ij} = Z_{ij} - \hat{T}_{ij}$ , onde  $\hat{T}$  é a tendência no mês  $j$  do ano  $i$ .

As suposições de tais testes raramente são satisfeitas no caso de séries temporais, razão pela qual raramente podem ser aplicados e, mesmo assim, de maneira cuidadosa. De qualquer modo, uma breve descrição dos testes é apresentada a seguir.

Se as observações dos diversos anos referentes a um mesmo mês forem independentes entre si, o teste de Kruskal-Wallis pode ser aplicado, o que não costuma ocorrer usualmente em séries temporais, em que há dependência entre observações de um mesmo mês, para diferentes anos, e entre observações de vários meses, dentro de um mesmo ano.

Para usar o teste, as observações disponíveis da série são arranjadas em forma de matriz, na qual os meses são colunas e os anos são linhas:

$$\{Y_{ij}\}, (j=1, \dots, s), (i=1, \dots, n_j), N = \sum_{j=1}^s n_j$$

sendo geralmente  $s=12$ . Obtém-se os postos das observações  $R_{ij}$ , ordenando-as. Seja  $R_{.j}$  a soma dos postos na  $j$ -ésima coluna:

$$R_{.j} = \sum_{i=1}^{n_j} R_{ij} \quad j=1, \dots, s$$

A estatística do teste é dada por:

$$T_1 = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^s \frac{R_{.j}^2}{n_j} - 3(N+1)$$

Rejeita-se a hipótese nula se  $T_1$  for maior do que um valor obtido em tabela (CONOVER,

1971, citado por MORETTIN & TOLOI, 1986). Para  $n_j$  suficientemente grande, ou  $s \geq 4$ , a distribuição de  $T_1$ , sob  $H_0$ , pode ser aproximada por uma variável  $\chi^2$  com  $s-1$  graus de liberdade.

Como no teste anterior, no teste de Friedman as observações são ordenadas, mas a ordenação é feita dentro de cada ano em vez de ordenar todas as observações. Entretanto, os anos são considerados independentes, ou seja, as observações de um ano são independentes das observações de outro ano qualquer, o que também é uma suposição muito forte.

A estatística do teste é dada por:

$$T_2 = \frac{12}{ps(s+1)} \sum_{j=1}^s (R_j^*)^2 - 3p(s+1)$$

onde  $p$  é o número de anos,  $s$  é o período de sazonalidade (geralmente igual a 12) e  $R_j^*$  é a soma dos postos na  $j$ -ésima coluna ( $j$ -ésimo mês), isto é:

$$R_j^* = \sum_{i=1}^p R_{ij}^*$$

A distribuição de  $T_2$ , sob  $H_0$ , pode ser aproximada por uma variável  $\chi^2$  com  $s-1$  graus de liberdade.

Se o modelo for aditivo e se os erros forem independentes e normalmente distribuídos, então, o teste F pode ser aplicado, o que também não costuma ocorrer usualmente em séries temporais.

Dado o modelo:

$$Y_{ij} = S_j + e_{ij}, \quad i = 1, \dots, n_j; \quad j = 1, \dots, s$$

supondo  $e_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ , independentes, pode-se testar

$H_0: S_1 = S_2 = \dots = S_s$  (isto é, não existe sazonalidade)

$H_1: S_i \neq S_j$ , para algum  $i$  e  $j$  (isto é, existe sazonalidade)

A estatística do teste é dada por:

$$T_3 = \frac{N-s}{s-1} \cdot \frac{\sum_{j=1}^s n_j (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y})^2}{\sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^{n_j} (Y_{ij} - \bar{Y}_{.j})^2}$$

que tem, sob  $H_0$ , distribuição F com  $s-1$  e  $N-1$  graus de liberdade.

Finalmente, no domínio de frequência (ver análise espectral adiante) existem várias maneiras de testar as componentes periódicas, em particular, a sazonalidade. Tais testes podem ser encontrados em detalhes em ROCHA (1983). Um teste de significância para o maior pico do periodograma foi proposto por FISHER (1929), com tabelas publicadas por NOWROOZI (1967). Extensões do teste, para mais picos, foram apresentadas por GRENDER & ROSENBLAT (1957), por WHITTLE (1952) e SHIMSHONI (1971). Testes para espectros mistos, isto é, que possuem componentes discretas e contínuas, foram apresentados por WHITTLE (1952), BARTLETT (1955) e HANNAN (1961), todos baseados na análise do periodograma, o que, segundo ROCHA (1983), apresenta desvantagens. Finalmente, existe o teste proposto por PRIESTLEY (1962a e 1962b), que se baseia no correlograma.

### 1.3 - Métodos para Tratar a Sazonalidade

Não existe um método para tratar a sazonalidade que seja conveniente em todos os casos, já que, como foi visto, os objetivos do estudo da sazonalidade diferem bastante entre si (GAIT, 1975). Logo, a escolha do método depende, entre outros, da finalidade da análise. Existem métodos paramétricos e métodos não paramétricos, métodos aplicáveis no domínio de tempo e no domínio de frequência.

Segundo MAKRIDAKIS (1986), os métodos para previsão quantitativa de séries temporais podem ser classificados em cinco grupos: a) modelos econométricos, "utilizados pelos economistas para explicar fenômenos macroeconômicos, responder questões do tipo 'o que? se ...' e fazer previsão"; b) métodos de filtragem, "utilizados pelos engenheiros para filtrar o 'ruído' de um padrão básico"; c) modelos ARMA, "utilizados pelos estatísticos para modelar o processo gerador de uma ampla classe de séries temporais e fazer previsão"; d) técnicas de decomposição, "utilizadas por economistas e estatísticos governamentais para separar as componentes de sazonalidade, ciclo e tendência de séries temporais macroeconômicas"; e) métodos de suavizamento exponencial "utilizados em pesquisa operacional para previsão". Uma classificação semelhante pode ser utilizada para os métodos de ajustamento sazonal

(ver, por exemplo, BAR ON, 1978a): a) métodos baseados em modelos; b) métodos de decomposição; e c) análise espectral.

Os métodos baseados em modelos são métodos paramétricos, no domínio de tempo, que incluem o uso de modelos econométricos, principalmente de regressão, e de modelos ARMA, na classificação de MAKRIDAKIS (1986). Eles consistem em estimar os coeficientes de um modelo que se supõe tenha gerado a série temporal.

Os métodos de decomposição (também chamados métodos descritivos, ou métodos baseados em médias móveis, ou filtros de suavização linear, ou análise de componentes) são métodos não paramétricos, no domínio de tempo, que separam as componentes da série (como o da razão de médias móveis, o X-11 e o BLS). Eles consistem em suavizar as irregularidades da série até obter padrões regulares por meio de algum processo de médias móveis (SCHLICHT, 1981).

O ajustamento sazonal usando análise espectral é um método não-paramétrico, no domínio de frequência, que consiste em filtrar a potência alta das frequências sazonais, a fim de remover os picos sazonais, permitindo, ainda, testar alterações nos padrões sazonais (ARAUJO & KHAN, 1987).

### 1.3.1 - Críticas aos métodos baseados em modelos

Não existe acordo a respeito do melhor método. SCHLICHT (1981) prefere os métodos de decomposição aos baseados em modelos porque "o ajustamento sazonal freqüentemente serve ao propósito de produzir séries temporais ajustadas, que então devem ser explicadas em termos de teoria econômica. Se o método de ajustamento pressupõe um modelo estatístico, o modelo econômico tem que se harmonizar com o modelo estatístico e isso envolve severas restrições *a priori*". Lembra, entretanto, que "existe um enfoque acentuando mais a dualidade que a dicotomia entre" as duas alternativas, "uma dualidade no sentido de que para qualquer método de ajustamento particular pode-se também inventar um modelo levando a ele ou, alternativamente, divisar critérios descritivos implicando esse método". Ainda para o mesmo autor, "o princípio de ajustamento sazonal é a formalização do requerimento intuitivo de que a

série temporal deve ser decomposta numa componente suave (chamada tendência) e uma componente regular (chamada componente sazonal) tais que a soma dessas componentes expliquem a série temporal original tão bem quanto possível".

BAR ON (1978a, 1978b) compara os enfoques ARIMA e X-11, procurando enfatizar os pontos fracos do primeiro na separação das componentes e no caso em que os padrões mudam, mas é em parte contestado por EARLY (1978) e por ROBERTS (1978).

Finalmente, segundo PIERCE (1978), as dificuldades envolvidas nos enfoques estruturais para algumas séries são tantas que, durante algum tempo, os procedimentos empíricos ainda serão úteis.

### 1.3.2 - Críticas ao método do Bureau do Censo

Algumas das críticas mais fortes a esse método devem-se ao fato de ele, até certo ponto, prescindir da teoria estatística e ao fato de se eliminarem valores extremos de maneira um tanto arbitrária. Seus procedimentos são puramente mecânicos e não se baseiam numa explicação causal da variação sazonal (DAGUM, 1978), tendo sido desenvolvidos empiricamente e sendo difícil estudar suas propriedades estatísticas (HILLMER & TIAO, 1982), aliás, como acontece nos demais métodos de decomposição.

Por não se basear em modelos, "não se estimam os processos componentes das partes sazonal e não sazonal, nem se constroem estimativas de mínimo erro quadrático médio. Ao contrário, o X-11 consiste num conjunto de filtros *ad hoc* que foram encontrados para dar resultados de 'aparência razoável' para muitas séries temporais econômicas" (HAUSMAN & WATSON, 1985). Além disso, não se tem considerado os erros de medida que estão presentes na maioria das séries econômicas. Os resultados empíricos de HAUSMAN & WATSON (1985) "sugerem que podem haver consideráveis ganhos do uso de métodos baseados em modelos em lugar dos métodos de ajustamento sazonal do tipo X-11. Embora este ponto tenha sido levantado muitas vezes no passado, os ganhos (em termos de erro quadrático médio) aparentemente não tinham sido calculados antes".

Problemas do método do Bureau do Censo

foram discutidos em KALLEK (1978), enquanto propostas de melhoria foram apresentadas por BAR ON (1978a).

FROMM (1978) critica a complexidade e a arbitrariedade desse método. O estudo de uma série pode se mostrar errôneo devido a correlações espúrias que surgem de influências sazonais independentes, o que justifica sua remoção. Entretanto, a componente sazonal não pode ser observada diretamente, sendo sua remoção em boa parte arbitrária, o que pode levar a estimativas viesadas e inconsistentes dos parâmetros dos modelos. Além disso, em cada estágio, há opções para o usuário, que pode não escolher a melhor; mesmo os valores *default*, que o usuário com menor conhecimento do método costuma utilizar, podem valer para algumas séries, mas não para outras. Finalmente, o modelo multiplicativo ou aditivo suposto pelo método pode não representar o verdadeiro processo gerador da série.

KLEIN (1978) argumenta que greves e similares não deveriam ser tocados enquanto se faz o ajustamento sazonal, já que são eventos não relacionados à sazonalidade e fazem parte do processo econômico, embora perturbem a análise de séries econômicas. O autor admite, ainda, que o método da razão de média móvel é atraente por sua simplicidade e seu apelo intuitivo, mas critica seu uso iterativo no X-11. Esse autor aceita a separação da componente de ciclo-tendência ou a mensuração de ciclos e componentes aleatórias de séries econômicas em estudos de instituições acadêmicas, mas critica fortemente seu uso em estatísticas oficiais, como acontece nos Estados Unidos.

WALLIS (1978) critica o fato de os estatísticos, que utilizam métodos de decomposição para tratar estatísticas oficiais, serem refratários a considerar séries relacionadas em conjunto, preferindo tratá-las de forma univariada e automática. Por outro lado, os modelos construídos pelos economistas parecem não conseguir captar os efeitos sazonais, exceto quando se utilizam de variáveis *proxy* (em geral, binárias), o que também é um procedimento mais ou menos automático. O autor apresenta como alternativa os modelos do tipo Box-Jenkins. Num estudo comparativo, o autor recomenda o uso de variáveis sazonais determinísticas em vez de operadores de diferença sazonal.

Os resultados de PLOSSER (1979) sugerem

que o uso do X-11 não melhora previsões baseadas em modelos ARIMA aplicados aos dados sazonalmente ajustados.

Espera-se que agentes econômicos racionais levem em conta as flutuações sazonais ao planejar seu comportamento (SIMS, 1993). Nesse caso, embora o uso de modelos corretamente especificados, sobre séries não ajustadas sazonalmente, seja em princípio a melhor opção, e ainda que o ajustamento sazonal antes da modelagem possa jogar fora informações importantes, introduzindo vieses severos, alguns autores, como SIMS (1993) e HANSEN & SARGENT (1993) argumentam através de exemplos a favor do uso de dados sazonalmente ajustados na estimação de modelos de expectativas racionais. Entretanto, os resultados de NERLOVE; ROSS; WILLSON (1993) mostram que, ao menos num estudo de caso, as decisões não levavam em conta a sazonalidade.

### 1.3.3 - Críticas aos métodos de análise espectral

A análise espectral parece não resolver todo o problema, como mostrado em GRANGER (1978) e em TUKEY (1978). Segundo GREYHER & NERLOVE (1970), a interpretação de comparações no domínio de frequência exige cuidado. Além disso, os resultados no domínio de frequência podem ser de difícil análise em alguns problemas econômicos, daí sua menor utilização na literatura.

### 1.3.4 - Críticas aos métodos univariados

Segundo WALLIS (1974), "a sazonalidade numa variável econômica não é necessariamente um fenômeno isolado, mas pode estar relacionada à sazonalidade em outras variáveis econômicas com as quais a variável interage".

GHYSELS (1988) discute o uso de métodos de ajustamento sazonal univariado. Segundo esse autor, "diversos economistas, principalmente PLOSSER (1978), SARGENT (1978) e WALLIS (1978), refutaram a suposição de que a componente sazonal de variáveis endógenas num modelo econômico dinâmico tem quase todo seu poder restrito ao que é chamado frequência sazonal e seus harmônicos". As séries temporais, em sua maioria, são o resultado



de uma complexidade de interações dinâmicas. É importante perguntar por que se quer ajustar sazonalmente uma série temporal *a priori*. O ajustamento sazonal pode ser usado para determinar a resposta dos estoques (*inventories*) a um choque de demanda de natureza não sazonal, como por exemplo, um subsídio, um choque de preço de petróleo, e assim por diante. Separando os choques externos, não se justifica o uso de ajustamento sazonal univariado em séries temporais para estudar movimentos conjuntos de demanda de mercado e estoques. BELL & HILLMER (1984) discutem a idéia vigente que se pode aceitar o princípio de que a simplificação de dados sem maior perda de informação justifica o uso de modelos univariados. Concluem, porém, que ajustamentos sazonais univariados não podem ser considerados uma simplificação de dados, sem perda de informação, nem para a interpretação de séries temporais, nem para análise de regressão.

Embora o ajustamento sazonal tenha se tornado uma prática bem estabelecida, tem sido difícil para os estatísticos desenvolver e justificar modelos apropriados para séries temporais sazonais. BAR ON (1978a) enfatiza a necessidade de se levar em conta o efeito de eventos pouco usuais sobre a série, ao argumentar contra o uso de modelos univariados (ver análise de intervenção adiante). ENGLE (1978) também chegou à conclusão de que os modelos que incluem outras variáveis são superiores aos univariados no ajustamento sazonal.

Apresentam-se, a seguir, detalhes sobre os métodos X-11, de análise espectral, de regressão e ARIMA.

## 2 - MÉTODO DO BUREAU DO CENSO (VERSÃO X-11)

A decomposição de uma série temporal em flutuações sazonais, tendência secular, movimentos cíclicos e uma componente irregular, todas não observáveis, foi proposta por W. M. Persons (KALLEK, 1978). Anteriormente, utilizava-se adaptações desse modelo, como em BUYS BALLOT (1847), citado por KUIPER (1978). Inicialmente, utilizaram-se médias aritméticas mensais, método este que, se de um lado facilitava os cálculos, de outro dificultava a separação das outras componentes

(FALKNER, 1924, citada por KALLEK, 1978). O método da razão (ou diferença) de médias móveis foi desenvolvido por Frederick R. Macaulay, no National Bureau of Economic Research (NBER), Estados Unidos, no final da década de 20 (MACAULAY, 1931, citado em ESTADOS UNIDOS, 1976). Em 1954, o Bureau do Censo passou a utilizá-lo em larga escala, através de programa de computador desenvolvido por Julius Shiskin, substituindo-o, no ano seguinte, por uma versão revista chamada Método II do Censo. Desde então, esse método vem sendo desenvolvido e refinado, com lançamento de novas versões de tempos em tempos, como a versão X-3 em 1960, e as X-9 e X-10 em 1961. A versão X-11 data de outubro de 1965 e vem sendo utilizada por usuários de muitos países, tendo sido ajustadas mais de cem mil séries econômicas e demográficas diferentes (ESTADOS UNIDOS, 1976; ZELLNER, 1978; KALLEK, 1978; SHISKIN, 1978). Neste trabalho referir-se-á à versão X-11 do Método II do Bureau do Censo de forma abreviada como método X-11.

### 2.1 - A Decomposição

Seja  $z = \{z_t, t = 1, 2, \dots, n\} = \{O_t, t = 1, 2, \dots, n\}$  o conjunto das  $n$  observações disponíveis de uma série temporal. Os métodos de decomposição baseiam-se na premissa de que a série temporal original pode ser decomposta em suas componentes: sazonal ( $S_t$ ), "definida como o padrão de variação dentro do ano que é repetido constantemente ou numa maneira evolutiva de ano para ano" (ESTADOS UNIDOS, 1976); ciclo-tendência ( $T_t$ ), que se refere à tendência de longo prazo e aos ciclos, incluindo, por exemplo, os ciclos econômicos; de dias úteis ( $TD_t$ ), que se refere a efeitos da composição do calendário (como sábados, domingos e feriados); e irregular ( $I_t$ ), que "é composta de variações irregulares, tais como impacto de eventos políticos, o efeito de greves, condições climáticas não sazonais, erros amostrais de levantamento, etc" (ESTADOS UNIDOS, 1976).

Na verdade, pode-se dizer que a série original é decomposta em ciclos: a sazonalidade é constituída pelos ciclos sistemáticos de período igual ou inferior a um ano, a tendência pelos de período

infinito (ou, pelo menos, superior ao tamanho da série), enquanto os demais constituem os ciclos propriamente ditos. No estudo de séries econômicas, é comum que estes últimos sejam vistos como simples mudanças de tendência, com períodos irregulares. Usualmente, os ciclos e a tendência são reunidos numa única componente de ciclo-tendência. Note-se, ainda, que a componente de ciclo-tendência pode incluir ciclos não sistemáticos de período inferior a um ano e que não se constituem em sazonalidade. Finalmente, a componente irregular inclui todas as flutuações não-cíclicas, podendo não se caracterizar como simples erro aleatório.

As componentes da série podem se relacionar de maneira aditiva:

$$z_t = S_t + T_t + TD_t + I_t$$

ou, mais freqüentemente, em séries econômicas (KALLEK, 1978; KUZNETS, 1932, citado por KUIPER, 1978), de maneira multiplicativa:

$$z_t = S_t \cdot T_t \cdot TD_t \cdot I_t$$

ou, até mesmo, de maneira mista:

$$z_t = S_t \cdot T_t \cdot TD_t + I_t$$

DURBIN & KENNY (1978) apresentam uma maneira de testar se o modelo é aditivo ou multiplicativo e discutem o modelo misto aditivo-multiplicativo dado por:

$$z_t = S_t + T_t + S_t T_t + I_t$$

Esse enfoque é semelhante a um sugerido por Milton Friedman como alternativa ao X-11 para ajustar dados diários da série de oferta de moeda M1 (VAN PESKI, 1978).

Também é comum que a componente de dias úteis não seja considerada.

O X-11 e outros métodos de decomposição consistem em sucessivas filtragens (BOX; HILLMER; TIAO, 1978), isto é, na aplicação de

filtros lineares simétricos específicos da forma:

$$M(\delta, k) = \sum_{j=-k}^k \delta_j z_{t-j}$$

com  $\delta_j = \delta_{-j}$ .

## 2.2 - Cálculos Básicos

Os cálculos básicos, que se repetem ao longo do procedimento para o ajustamento sazonal pelo método X-11, são apresentados a seguir. Os itens são numerados para facilitar a leitura da tabela 1.

### 1) Série original

O método X-11 parte da suposição de que a série temporal original ( $O$ ) pode ser decomposta em suas séries componentes de ciclo-tendência ( $C$ ), sazonal ( $S$ ), irregular ( $I$ ) e de dias úteis ( $TD$ ), de forma multiplicativa ou aditiva.

Por simplicidade, não se tratará aqui a componente de dias úteis, exceto na descrição da Parte A (ver, por exemplo, COELHO & TENENBLAT, 1992).

### 2) Ciclo-tendência (média móvel)

A componente de ciclo-tendência é estimada pela média móvel centrada de 12 termos das observações da série original:

$$\begin{aligned} \hat{C}_t &= \frac{1}{12} \left( \frac{O_{t-6} + O_{t-5}}{2} + \frac{O_{t-5} + O_{t-4}}{2} + \dots + \frac{O_{t+5} + O_{t+6}}{2} \right) \\ &= \frac{1}{24} (O_{t-6} + 2O_{t-5} + \dots + 2O_{t+5} + O_{t+6}) \\ &= \frac{1}{12} (0,5O_{t-6} + O_{t-5} + \dots + O_{t+5} + 0,5O_{t+6}) \end{aligned}$$

### 3) Razões ou diferenças S-I

As razões S-I são calculadas, no caso multiplicativo, por:

$$\hat{R}_t = O_t / \hat{C}_t$$

enquanto as diferenças S-I são calculadas, no caso

aditivo, por:

$$\hat{R}_t = O_t - \hat{C}_t$$

Referir-se-á, no restante do texto, por simplicidade, à razão ou diferença S-I como razão S-I.

#### 4) Substituição de valores extremos

Compreende quatro grupos de cálculos:

a) fatores sazonais

Calcula-se a média móvel centrada ponderada de 5 termos (em alguns casos, usa-se 7 termos) das razões S-I:

$$S'_t = \frac{1}{5} \sum_{r=-2}^2 v_r \hat{R}_{t+r}$$

onde os pesos  $v$  saem de tabela (ESTADOS UNIDOS, 1976). Calcula-se, a seguir, a média móvel centrada de 12 termos sobre esses fatores preliminares:

$$S''_t = \frac{1}{12} \sum_{r=-6}^5 \frac{S'_{t+r} + S'_{t+r+1}}{2}$$

Os seis valores perdidos em cada extremo são obtidos repetindo-se o valor disponível mais próximo. A seguir, esses fatores são ajustados para que sua soma seja (aproximadamente) igual a 12 (caso multiplicativo):

$$\hat{S}_t = S'_t / S''_t$$

ou igual a zero (caso aditivo) em qualquer período de doze meses:

$$\hat{S}_t = S'_t - S''_t$$

b) componente irregular

A estimativa da componente irregular, no caso multiplicativo, é obtida por:

$$\hat{I}_t = \hat{R}_t / \hat{S}_t$$

ou, no caso aditivo, por:

$$\hat{I}_t = \hat{R}_t - \hat{S}_t$$

c) desvio padrão e pesos

Calcula-se um desvio padrão ( $\sigma$ ) móvel de cinco anos sobre as estimativas da componente irregular. Os dois valores perdidos em cada extremo são obtidos repetindo-se o valor disponível mais próximo.

Elimina-se os valores de  $\hat{I}_t$  que estiverem fora do intervalo  $\pm 2,5\sigma$  e reestima-se o desvio padrão.

Calcula-se, então, os seguintes pesos:

$$w_t = \begin{cases} 0, & \text{se } |\hat{I}_t| > 2,5\sigma \\ \frac{|\hat{I}_t| - 1,5\sigma}{1,5\sigma}, & \text{se } 1,5\sigma < |\hat{I}_t| < 2,5\sigma \\ 1, & \text{se } |\hat{I}_t| < 1,5\sigma \end{cases}$$

isto é, o peso entre  $1,5\sigma$  e  $2,5\sigma$  é um valor linear entre 0 e 1.

d) razões S-I

Para observações com peso inferior a um, as razões S-I são substituídas por uma média entre essa razão multiplicada por seu peso e as duas razões mais próximas (para trás e para diante), que tenham peso igual a um. Para substituir valores no início e no final da série, toma-se a média entre a razão multiplicada por seu peso e as três razões mais próximas, referentes ao mesmo mês, que tenham peso igual a um. Obtém-se, assim, as razões S-I livres de valores extremos.

#### 5) Fatores sazonais

Calcula-se os fatores sazonais, como no item 4.a, sobre as razões S-I livres de valores extremos.

#### 6) Série sazonalmente ajustada

É obtida, no caso multiplicativo, por:

$$A_t = O_t / \hat{S}_t$$

ou, no caso aditivo, por:

$$A_t = O_t - \hat{S}_t$$

#### 7) Ciclo-tendência (rotina)

Aplica-se a rotina de curva de ciclo-tendên-



cia variável sobre a série sazonalmente ajustada, que é assim descrita:

a) calcula-se a média móvel de 13 termos de Henderson sobre a série sazonalmente ajustada, obtendo-se a estimativa  $C$  do ciclo-tendência (desenvolvida por Robert Henderson em 1916, ela minimiza a soma de quadrados das terceiras diferenças da série suavizada para qualquer número de termos);

b) no caso multiplicativo, divide-se a série sazonalmente ajustada por essa média móvel (no caso aditivo, subtrai-se), obtendo-se a estimativa  $I$  da componente irregular; e

c) no caso aditivo, calcula-se a mudança percentual média mês a mês, sem levar em conta o sinal de  $I$  e  $C$  (no caso aditivo, calcula-se a diferença percentual média). A seguir, calcula-se a razão  $I/C$ , que reflete a importância relativa das variações da componente irregular em relação as do ciclo-tendência.

#### 8) Componente irregular

É obtida, no caso multiplicativo, por:

$$\hat{I}_t = \hat{A}_t / \hat{C}_t$$

ou, no caso aditivo, por:

$$\hat{I}_t = \hat{A}_t - \hat{C}_t$$

#### 9) Série original modificada

Uma vez obtidos os pesos irregulares, calcula-se a componente irregular, no caso multiplicativo, por:

$$I_t^w = 1 + W_t(I_t - 1)$$

ou, no caso aditivo, por:

$$I_t^w = W_t I_t$$

A série original modificada é dada, no caso multiplicativo, por:

$$O_t^w = O_t \cdot I_t^w / I_t$$

ou, no caso aditivo, por:

$$O_t^w = O_t + I_t^w - I_t$$

### 2.3 - Descrição do Método

Os cálculos do método X-11 seguem um procedimento iterativo de refinamento das estimativas: à medida que cada fator é removido da série original, os demais fatores são recalculados, continuando-se o procedimento até que cada fator tenha sido isolado (KALLEK, 1978). HOTTA & CAZORLA (1990) mostram como utilizar as opções dos programas X-11 e X-11 ARIMA para melhorar a qualidade do ajustamento sazonal. SCOTT (1992) compara diferentes programas de computador para utilização do método. Apresenta-se, a seguir, um resumo das operações realizadas pelo X-11. As partes e itens que dividem as operações são as mesmas dos manuais do método, facilitando as comparações e as consultas. O leitor pode dispensar as seções 2.3.1 a 2.3.5 a seguir, numa primeira leitura.

#### 2.3.1 - Parte A: ajustamento *a priori* (opcional)

O X-11 permite vários ajustamentos opcionais, sendo o primeiro deles o ajustamento definido *a priori*, por exemplo, para eliminar o efeito de certos feriados.

Além disso, na parte B, permite o ajustamento da componente de ciclo-tendência para greves. Nas partes B e C, permite o ajustamento para dias úteis. Para detalhes, ver ESTADOS UNIDOS (1976).

#### 2.3.2 - Parte B: estimação preliminar da variação de dias úteis e de pesos

Nas partes B, C e D, o procedimento encerra quatro etapas. Na primeira etapa da parte B, considera-se a série original (conforme descrito no item 1 dos cálculos básicos).

Na segunda etapa, partindo-se da série original da primeira etapa, calculam-se o ciclo-tendência (item 2 dos cálculos básicos), a razão S-1 (item 3),

a substituição de valores extremos (item 4), os fatores sazonais (item 5) e a série sazonalmente ajustada (item 6), o que corresponde aos itens de B1 a B6 de ESTADOS UNIDOS (1976).

Na terceira etapa, efetua-se cálculos análogos aos da segunda etapa, porém, sobre a série sazonalmente ajustada resultante daquela etapa, a saber, ciclo-tendência (item 7 dos cálculos básicos), a razão (ou diferença) S-I (item 3), a substituição de valores extremos (item 4), os fatores sazonais (item 5) e a série sazonalmente ajustada (item 6) o que corresponde aos itens de B7 a B11 de ESTADOS UNIDOS (1976).

Na quarta etapa, sobre a série sazonalmente ajustada da terceira etapa, calculam-se a série irregular (item 8 dos cálculos básicos) e os pesos preliminares para a componente irregular (item 4.c), o que corresponde aos itens de B13 e B17 de ESTADOS UNIDOS (1976).

### 2.3.3 - Parte C: estimação final da variação de dias úteis e dos pesos irregulares

Na primeira etapa obtém-se uma série original modificada pelos pesos preliminares calculados na parte B (item 9 dos cálculos básicos), o que corresponde ao item C1 de ESTADOS UNIDOS (1976).

Na segunda etapa, partindo-se dessa série original modificada, calculam-se o ciclo-tendência (item 2 dos cálculos básicos), a razão S-I (item 3), os fatores sazonais (item 5) e a série sazonalmente ajustada (item 6), o que corresponde aos itens de C2 a C6 de ESTADOS UNIDOS (1976).

Na terceira etapa, efetuam-se cálculos análogos aos da segunda etapa, porém, sobre a série sazonalmente ajustada resultante daquela etapa, a saber, ciclo-tendência (item 7 dos cálculos básicos), a razão (ou diferença) S-I (item 3), os fatores sazonais (item 5) e a série sazonalmente ajustada (item 6), o que corresponde aos itens de C7 a C11 de ESTADOS UNIDOS (1976).

Na quarta etapa, sobre a série sazonalmente ajustada da terceira etapa calculam-se a série irregular (item 8 dos cálculos básicos) e os pesos finais para a componente irregular (item 4.c), o que corresponde aos itens C13 e C17 de ESTADOS UNIDOS (1976).

### 2.3.4 - Parte D: estimação final de fatores sazonais, ciclo-tendência, componente irregular e série sazonalmente ajustada

Na primeira etapa, obtém-se uma série original modificada pelos pesos finais calculados na parte C (item 9 dos cálculos básicos), o que corresponde ao item D1 de ESTADOS UNIDOS (1976).

Na segunda etapa, partindo-se dessa série original modificada, calculam-se o ciclo-tendência (item 2 dos cálculos básicos), a razão (ou diferença) S-I (item 3), os fatores sazonais (item 5) e a série sazonalmente ajustada (item 6), o que corresponde aos itens de D2 a D6 de ESTADOS UNIDOS (1976).

Na terceira etapa, efetuam-se cálculos análogos aos da segunda etapa, porém, sobre a série sazonalmente ajustada resultante daquela etapa, a saber, ciclo-tendência (item 7 dos cálculos básicos), a razão (ou diferença) S-I (item 3), os fatores sazonais (item 5) e a série sazonalmente ajustada (item 6) o que corresponde aos itens de D7 a D11 de ESTADOS UNIDOS (1976).

Na quarta etapa, sobre a série sazonalmente ajustada da terceira etapa calcula-se a série irregular final (item 8 dos cálculos básicos), o que corresponde ao item D13 de ESTADOS UNIDOS (1976).

### 2.3.5 - Parte E: séries original modificada, sazonalmente ajustada e irregular

#### a) Série original modificada

Os valores da série original (da parte A ou da parte B), correspondentes às observações que receberam peso igual a zero no final da parte C, são substituídos pela soma das componentes de ciclo-tendência e sazonal obtidas na parte D (se fosse o caso, incluir-se-iam aqui as componentes de ajustamento *a priori* obtida na parte A e a de dias úteis obtida na parte C), a fim de se obter uma série original livre de valores extremos.

#### b) Série sazonalmente ajustada modificada

Os valores da série sazonalmente ajustada final, obtida na parte D, correspondentes às observações que receberam peso igual a zero na parte C, são substituídos pelos valores de ciclo-tendência final obtidos na parte D.

#### c) Série irregular modificada

Os valores da série irregular obtidos na parte D, correspondentes às observações que receberam peso igual a zero na parte C, são substituídos por zeros. Calcula-se o desvio padrão para cada ano, cada mês e para a série inteira.

d) Diferenças dos totais anuais

Calculam-se as diferenças dos totais anuais entre: a) a série original (parte A ou B) e a série sazonalmente ajustada final (parte D); e b) a série original modificada (parte E) e a série sazonalmente ajustada modificada (parte E).

e) Diferenças percentuais na série original

Calculam-se as diferenças percentuais individuais mês a mês na série original da parte B.

f) Diferenças percentuais na série sazonalmente ajustada final

Calculam-se as diferenças percentuais individuais mês a mês na parte D.

### 2.3.6 - Resumo

Em resumo, na parte B procede-se a uma suavização preliminar das séries através da eliminação de valores extremos, que é completada na parte C. As estimativas finais das componentes são obtidas na parte D. Na parte E, completam-se os cálculos finais (Tabela 1).

## 3 - MÉTODO DE ANÁLISE ESPECTRAL

A análise espectral (também conhecida por análise harmônica) estuda a série temporal no domínio de frequência. Basicamente, considera-se que a série admite uma representação espectral, isto é, ela pode ser decomposta em componentes harmônicos simples. Detalhes podem ser encontrados, por exemplo, em KOOPMANS (1974) ou em MENTZ (1968). Seja  $z = \{z_t, t=1, 2, \dots, n\}$  o conjunto das  $n$  observações disponíveis de uma série temporal. Cada harmônico pode ser representado por uma senóide (Figura 2), na qual:

$T$  é o período, isto é, o tempo necessário para completar o ciclo;

$f$  é a frequência, medida em ciclos por unidade de tempo; portanto,  $f = 1/T$ ;

$\lambda$  é a frequência angular (ou simplesmente

te frequência), medida em radianos por unidade de tempo, e dada por  $\lambda = 2\pi f$ ;

$A$  é a amplitude, medida na mesma unidade que as observações da série;

$\phi$  é a fase, sem dimensão, com  $|\phi| \leq \pi$ . A representação espectral da série é dada

por:

$$z_t = z(t) = \sum_{\lambda} A_{\lambda} \text{sen}(\lambda t + \phi_{\lambda})$$

A potência é uma medida do grau de atividade ou variabilidade da série, sendo definida por:

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T z^2(t) dt$$

Na análise espectral, procura-se decompor esta potência, estudando a contribuição de cada frequência para a potência total.

A função de autocovariância da série é definida por:

$$C(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T z(t+\tau)z(t) dt$$

onde  $\tau$  é a defasagem no tempo. Na teoria de Wiener da análise espectral, define-se a função de densidade espectral (ou espectro) como a transformada de Fourier da função de autocovariância:

$$p(\lambda) = \frac{1}{2\pi} \sum_{\tau=-\infty}^{\infty} C(\tau) e^{-i\lambda\tau}, \text{ com } |\lambda| \leq \pi$$

no caso discreto, e

$$f(\lambda) = \frac{1}{2\pi} \int_{\tau=-\infty}^{\infty} C(\tau) e^{-i\lambda\tau} d\tau, \text{ com } -\infty \leq \lambda \leq \infty$$

no caso contínuo.

Assim, o gráfico do espectro apresenta picos nas frequências em que ocorrem ciclos, em decorrência da concentração de potência ou variância nessas frequências. Logo, picos em baixas frequências (principalmente as próximas de zero) indicam a existência de tendência de longo prazo na série. Picos nas frequências sazonais de 1/12 e seus harmônicos 1/24, 1/6, 1/3, etc. indicam a presença de sazonalidade (no caso de dados mensais).

A estimação do espectro é apresentada em KOOPMANS (1974), em SAS INSTITUTE (1988) e em PINO; NOGUEIRA JÚNIOR; TOLOI (1983).

TABELA 1 - Resumo das Operações da Versão X-11 do Método II do Bureau do Censo<sup>1</sup>

Etapa	Especificação	Parte B	Parte C	Parte D
Primeira	1 - Série original	(1)	(9)	(9)
Segunda	2 - Ciclo-tendência	(2)	(2)	(2)
	3 - Razão (diferença) S-I	(3)	(3)	(3)
	4 - Substituição de valores extremos	(4)		
	5 - Fatores sazonais	(5)	(5)	(5)
	6 - Série sazonalmente ajustada	(6)	(6)	(6)
	Terceira	7 - Ciclo-tendência	(7)	(7)
8 - Razão (diferença) S-I		(3)	(3)	(3)
9 - Substituição de valores extremos		(4)		
10 - Fatores sazonais		(5)	(5)	(5)
11 - Série sazonalmente ajustada		(6)	(6)	(6)
Quarta		13 - Série irregular	(8)	(8)
	17 - Pesos	(4.c)	(4.c)	

<sup>1</sup>Os números entre parênteses referem-se aos itens deste artigo nos quais se encontram os cálculos básicos.

Fonte: Elaborada a partir de ESTADOS UNIDOS (1976).

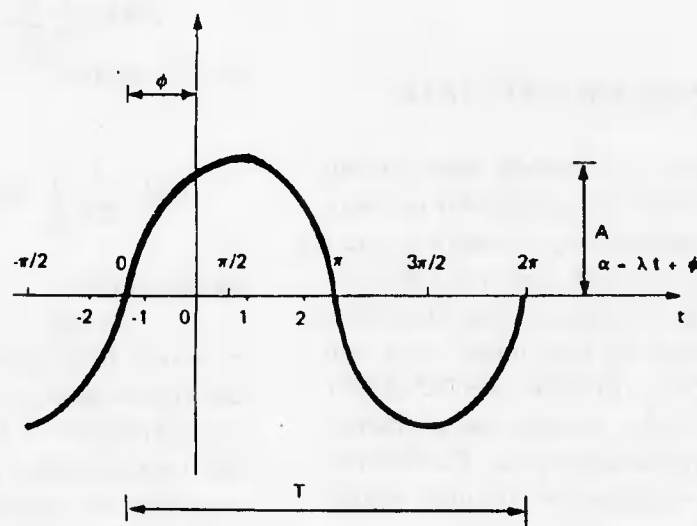


FIGURA 2 - Representação gráfica de  $A \sin(\lambda t + \phi)$

Nesse grupo insere-se, ainda, o método apresentado por KENDALL (1973), que se encontra descrito em GAIT (1975).

#### 4 - MÉTODOS BASEADOS EM MODELOS

Os métodos baseados em modelos consistem em estimar os coeficientes de um modelo que se supõe tenha gerado a série temporal. Uma revisão histórica pode ser encontrada em BOX; HILLMER; TIAO (1978).

##### 4.1 - Modelos de Box-Jenkins

Seja  $z = \{z_t, t=1, 2, \dots, n\}$  o conjunto das  $n$  observações disponíveis de uma série temporal. Em muitos casos, é razoável a suposição de que a série tenha sido gerada por um processo auto-regressivo integrado de médias móveis, ARIMA (p, d, q) x (P, D, Q):

$$\phi_p(B) \Phi_P(B^s) (1-B)^d (1-B^s)^D z_t = \theta_q(B) \Theta_Q(B^s) a_t$$

onde  $a_t$  é um processo de ruído branco (isto é, uma seqüência de variáveis aleatórias com média zero, variância constante e não correlacionadas),  $B$  é o operador de atraso, tal que  $B z_t = z_{t-1}$  e  $|B| \leq 1$ , e os demais operadores são assim definidos:

$$\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p$$

é um operador auto-regressivo de ordem  $p$ ;

$$\Phi_P(B) = 1 - \Phi_1 B^s - \dots - \Phi_P B^{Ps}$$

é um operador auto-regressivo sazonal de ordem  $P$  e grau de sazonalidade  $s$ ;

$$(1-B)^d$$

é um operador de diferenças de ordem  $d$ ;

$$(1-B^s)^D$$

é um operador de diferenças sazonal de ordem  $D$  e grau de sazonalidade  $s$ ;

$$\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q$$

é um operador de médias móveis de ordem  $q$ ; e

$$\Theta_Q(B) = 1 - \Theta_1 B^s - \dots - \Theta_Q B^{Qs}$$

é um operador de médias móveis sazonal de ordem

$Q$  e grau de sazonalidade  $s$  (BOX & JENKINS, 1976; BOX; HILLMER; TIAO, 1978; BURMAN, 1978; BOX; PIERCE; NEWBOLD, 1987). Em geral,  $s$  vale 12 ou 6 para dados mensais, 4 para dados trimestrais e 3 para dados quadrimestrais. Modelos ARIMA com termos sazonais são também chamados SARIMA.

Nesse caso, a sazonalidade está considerada no modelo e não é necessário ajustar sazonalmente a série antes de modelá-la. O estudo da sazonalidade pode ser feito sobre os operadores e os parâmetros sazonais.

A identificação da sazonalidade no modelo ARIMA em geral é feita pelo exame do correlograma, isto é, da função de autocorrelação, bem como de outras funções, como a de autocorrelação parcial e de autocorrelação inversa (BOX & JENKINS, 1976; SAS INSTITUTE, 1988; TSAY & TIAO, 1983). Uma autocorrelação significativa na defasagem 12 pode indicar sazonalidade aditiva, isto é, do tipo:

$$1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_{12} B^{12}$$

Autocorrelações significativas nas defasagens 12 e 13, por exemplo, podem indicar sazonalidade multiplicativa, isto é, do tipo:

$$(1 - \phi_1 B) (1 - \phi_1 B^{12}) = 1 - \phi_1 B - \phi_1 B^{12} + \phi_1 \phi_1 B^{13}$$

Quando não é suficiente estudar a série num contexto univariado, como frisado por GHYSELS (1988), pode-se utilizar os modelos de função de transferência do tipo:

$$(1-B)^d (1-B^s)^D z_t = \sum_{i=1}^k \frac{\omega_m^i(B)}{\delta_r^i(B)} X_{t-b_i}^i + \eta(B) a_t$$

onde  $X_{t-b}^i$  representa a  $i$ -ésima série de entrada (variável independente),  $\eta(B)$  é o modelo do ruído do tipo ARMA (auto-regressivo de médias móveis) e os operadores da função de transferência são do tipo:

$$\omega_m(B) = \omega_0 - \omega_1 B - \dots - \omega_m B^m$$

e

$$\delta_r(B) = 1 + \delta_1 B + \dots + \delta_r B^r$$

conforme descrito em BOX & JENKINS (1976). Nesse caso, os termos sazonais podem aparecer nas diferenças sobre a série de saída, no modelo do ruído ou na função de transferência. A vantagem do uso

desse tipo de modelo é que a sazonalidade de uma série de entrada pode ser transferida para a série de saída e, se for o caso, separada da sazonalidade devida à própria série de saída. Além disso, o efeito de eventos externos (em geral, pouco usuais), como uma geada, uma nova política governamental, guerras e outros, pode ser modelado por meio da análise de intervenção (PINO, 1980). Se houver *feedback* entre as séries, pode-se, ainda, utilizar os modelos ARMA multivariados (TIAO & BOX, 1981).

#### 4.2 - Modelos de Regressão

Modelos de regressão foram utilizados por BRITAIN (1962) para estimar a componente sazonal. Entretanto, foi JORGENSON (1964) quem apresentou uma forma geral para ajustamento sazonal utilizando modelo de regressão, que generaliza o procedimento descrito por FISHER (1937) e usado por HALD (1948), citados por LOVELL (1963). Em sua forma mais simples é descrita como segue.

Considere-se uma decomposição aditiva semelhante à apresentada na seção 2.1:

$$z_t = S_t + T_t + a_t$$

Suponha-se que a sazonalidade possa ser escrita

$$S_t = \sum_{j=1}^s \alpha_j d_{jt}$$

onde  $s$  é o período da sazonalidade (em geral, igual a 12 para dados mensais) e  $d_{ij}$  são variáveis binárias (*dummy*) sazonais dadas por:

$$d_{jt} = \begin{cases} 1, & \text{se } t \text{ corresponde ao mês } j \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Suponha-se, ainda, que a tendência seja dada por um polinômio de grau  $m$ :

$$T_t = \sum_{i=0}^m \beta_i t^i$$

Então,

$$z_t = \sum_{j=1}^s \alpha_j d_{jt} + \sum_{i=0}^m \beta_i t^i + a_t$$

e os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  podem ser estimados, por exemplo, por mínimos quadrados. Esse modelo tem várias suposições que devem ser verificadas, algumas das quais são bastante fortes:

a)  $a_t$  é ruído branco, isto é, uma seqüência de variáveis aleatórias com média zero, variância constante e não correlacionadas;

b) o modelo satisfaz as hipóteses de um modelo estatístico linear geral; e

c) o grau  $m$  do polinômio da tendência é considerado conhecido.

A suposição de independência entre as observações não costuma ser satisfeita em séries temporais. Uma forma de contornar o problema é utilizar modelo de regressão com erros ARIMA ou similar.

Esse enfoque trata de sazonalidade constante, já que os coeficientes  $\alpha$  não dependem de  $t$ .

Para permitir sazonalidade móvel pode-se utilizar a sugestão de COWDEN (1942), citado por LOVELL (1963):

$$z_t = \sum_{j=1}^s d_{jt} \sum_{i=0}^m \delta_{ij} t^i + a_t$$

Também se pode utilizar variáveis periódicas (senos, cossenos) ao invés de variáveis binárias (LOVELL, 1963; MORETTIN & TOLOI, 1986). Nesse caso, a sazonalidade é representada por um polinômio trigonométrico:

$$\begin{aligned} z_t &= \alpha_0 + \sum_{k=1}^m \alpha_k \text{sen}(\gamma_k t + \beta_k) + a_t \\ &= \alpha_0 + \sum_{k=1}^m \{ \alpha_k \cos \beta_k \text{sen}(\gamma_k t) + \alpha_k \text{sen} \beta_k \cos \gamma_k t \} + a_t \end{aligned}$$

onde  $\gamma_k = \frac{2\pi k}{s}$ , com  $2m < s$ .

Esse método serve para sazonalidade determinística (MORETTIN & TOLOI, 1986).

#### 5 - OUTROS MÉTODOS

Existem outros métodos para ajustamento sazonal, entretanto, alguns são pouco usados, enquanto outros não estão facilmente disponíveis. É o caso dos métodos de suavizamento (ou alisamento) exponencial de Holt-Winters e de Brown (WINTERS, 1960, e BROWN, 1962, citados por MORETTIN & TOLOI, 1987; HUOT; CHIU; HIGGINSON, 1986; McKENZIE, 1986; BARTOLOMEI & SWEET, 1989). Alguns outros métodos são referenciados a seguir.



## 5.1 - Métodos de Decomposição

O método de amplitudes móveis desenvolvido por WALD (1936) e generalizado por ZAYCOFF (1936), citados por KUIPER (1978), foi bastante utilizado na época (TINBERGEN & ROMBOUTS, 1938; MENDERSHAUSEN, 1937; citados por KUIPER, 1978).

Um dos mais desenvolvidos é o método do Bureau of Labor Statistics, dos Estados Unidos (conhecido por BLS), apresentado em 1960 e cujo procedimento básico é semelhante ao do método do Bureau do Censo. Posteriormente, o Bureau of Labor Statistics passou a utilizar o próprio X-11 (KUIPER, 1978).

Em 1975, o Statistics Canada introduziu modificações no X-11, usando modelos ARIMA para prever valores nos extremos da série (DAGUM, 1975, citada por KUIPER, 1978; DAGUM, 1978). Esse método consiste basicamente em: a) modelar a série original, usando modelos ARIMA; b) extrapolar um ano em cada extremo da série (previsão para trás e para frente); e c) aplicar o método X-11 à série obtida no item b.

Um método foi desenvolvido no Banco da Inglaterra, no qual a tendência é eliminada por médias móveis, aplica-se análise harmônica sobre as diferenças S-I e um modelo do tipo Box-Jenkins para prever valores nos extremos (BURMAN, 1965; KUIPER, 1978).

A Comunidade Econômica Européia (CEE) utilizou um método conhecido por SEABIRD, posteriormente substituído por outro chamado DAINITIES, desenvolvido por Bongard e Mesnage no Statistical Office of the European Communities, capaz de trabalhar com séries provenientes de diferentes países, não ajustadas ou ajustadas sazonalmente por diferentes procedimentos (BONGARD, 1960 e 1976 e MESNAGE, 1968 e 1976, citados por KUIPER, 1978).

Outros métodos em uso são a versão ASA III do método de Berlim (NULLAU et alii, 1969; NOURNEY, 1973 e 1975; citados por KUIPER, 1978) e o método do Central Planning Bureau, relacionado ao método de Wald (HAAN, 1974, citado por KUIPER, 1978).

Um método de uso comum em economia agrícola no Brasil é o de média móvel centrada

(descrito, por exemplo, em HOFFMANN, 1980), de grande facilidade de cálculos. Permite apenas o caso aditivo, sendo que no caso multiplicativo, tomam-se as séries em logaritmo. Esse método aproxima-se mais do proposto inicialmente por MACAULAY (1931) que da versão X-11 do método do Bureau do Censo, já que seu procedimento não é iterativo, pois corresponde a uma única iteração, não se preocupa com a substituição de valores extremos, nem com o ajustamento dos efeitos de calendário, como dias úteis. Por um lado, sofre dos mesmos problemas e está sujeito às mesmas críticas do método X-11, por outro, suas estimativas não são tão acuradas. Logo, desde que se disponha de facilidades computacionais, o X-11 pode ser preferido a esse método.

Existem alguns estudos comparando diversos métodos de ajustamento sazonal por decomposição, como FASE; KONING; VOLGENANT (1973) e FRY (1979), citados por KUIPER (1978) e BURMAN (1978), que apresentam tabelas comparativas. Estudo conduzido por KUIPER (1978) comparou os métodos X-11 aditivo, X-11 multiplicativo, X-11 ARIMA aditivo, X-11 ARIMA multiplicativo, de Burman aditivo, de Burman multiplicativo, de Berlim, da Comunidade Econômica Européia e do Central Planning Bureau, segundo diversos critérios de comparação. Os resultados foram similares para a parte histórica das séries, isto é, excluindo os primeiros e os últimos três anos, mas alguns diferiram para o período mais recente. Quanto à adição de novas observações o melhor método foi o X-11 ARIMA. O autor conclui ser interessante fazer o ajustamento por mais de um método e escolher o que produzir os resultados mais razoáveis.

O'GORMAN (1982) sugere o uso de técnicas de programação linear para a obtenção de filtros, com resultados semelhantes aos do X-11.

## 5.2 - Métodos Gráficos

Com o desenvolvimento dos gráficos computacionais nos anos 70, tornou-se disponível uma ferramenta poderosa no julgamento da qualidade do ajustamento sazonal e na interpretação das componentes da série, em condições de se incorporar à rotina de análise (CLEVELAND & TERPENNING, 1982). Além dos gráficos usuais, os

autores sugerem outros, como dividir a série em uma subsérie para cada mês e fazer o gráfico dos respectivos fatores sazonais, da razão (ou diferença S-1), da série sazonalmente ajustada e das mudanças percentuais na série original e na série ajustada. A existência de efeitos de calendário pode ser detectada pelos picos em determinadas frequências no gráfico do espectro da componente irregular (CLEVELAND & TERPENNING, 1982; CLEVELAND & DEVLIN, 1980).

### 5.3 - Métodos Robustos

Um procedimento ou algoritmo será chamado robusto se não for muito afetado por afastamento de suas suposições (BOX, 1953) e será chamado resistente se não for muito afetado por um pequeno número de valores estranhos (*outliers*), embora alguns autores chamem de robusto em ambos os casos (PIERCE, 1980a). Por exemplo, o método X-11 é resistente, uma vez que procura amenizar o efeito de valores extremos.

O principal método desenvolvido nesse grupo foi o SABL (Seasonal Adjustment - Bell Laboratories), apresentado por CLEVELAND; DUNN; TERPENNING (1978). É um método de decomposição iterativo, de filosofia semelhante a do X-11, porém com resultados diferentes. Os dados são transformados para minimizar a falta de estabilidade da componente sazonal, antes da aplicação de uma seqüência de filtros lineares e não-lineares. O uso de medianas móveis ameniza o efeito de valores estranhos. A adequação do modelo é estudada por meio de gráficos. Críticas a esse método são apresentadas em BLOOMFIELD (1978).

### 5.4 - Métodos Baseados em Modelos

Alguns autores têm apresentado alternativas interessantes. BURRIDGE & WALLIS (1985 e 1990), PAGAN (1975) e DAGUM & QUENNEVILLE (1993) apresentam o problema de ajustamento sazonal em termos de um modelo de espaço de estados e aplicam o filtro de Kalman na decomposição em componentes. Modelos com variâncias periódicas, isto é, nos quais a estrutura de

covariância dos fatores sazonais muda de mês para mês, comum nos estudos de sazonalidade, são apresentados por BURRIDGE & WALLIS (1990), sendo também tratados por OSBORN & SMITH (1989), JONES & BRELSFORD (1967), PAGANO (1978), TROUTMAN (1979), TIAO & GRUPE (1980). O modelo de espaço de estados foi utilizado por YOUNG et alii (1991) sobre um modelo de função de transferência ou um modelo de regressão harmônica dinâmica para permitir que os parâmetros variassem com o tempo. O enfoque bayesiano é utilizado por CARLIN & DEMPSTER (1989), que fazem comparações com o método X-11 e com os modelos ARMA, e por CANOVA (1993). Um método auto-regressivo vetorial bayesiano é apresentado por RAYNAUD & SIMONATO (1993) e comparado ao modelo ARMA univariado. Algumas alternativas de modelos, que permitem variação estacional crescente, são discutidas em BOWERMAN; KOEHLER; PACK (1990): o método de Winters, bem como os modelos ARIMA com dados transformados, com intervenção sazonal, com dupla diferenciação sazonal e com interações.

### 5.5 - Ajustamento Sazonal Baseado em Modelos ARIMA

Não parece haver muito problema na modelagem da sazonalidade em conjunto com outras variáveis, como visto na seção sobre modelos de Box-Jenkins. Entretanto, ainda não está completamente solucionada a questão de usar modelos para obter as componentes da série. Apresentam-se, a seguir, algumas das possibilidades.

HILLMER & TIAO (1982) propuseram uma decomposição da série em suas componentes sazonal, de ciclo-tendência e irregular, usando modelos. Os autores tratam do caso aditivo, sendo o multiplicativo transformado por logaritmos, e supõem que cada uma das componentes e, portanto, a série original segue um modelo ARIMA. Esse enfoque segue, basicamente, os seguintes passos: a) impor restrições sobre os operadores auto-regressivos dos modelos ARIMA das componentes sazonal e de ciclo-tendência; b) modelar a série original; e c) fazer a decomposição baseando-se num princípio que especifica de maneira única os modelos das componentes.

O assunto também é tratado em BOX; HILLMER; TIAO (1978). MARAVALL & PIERCE (1987) apresentam em detalhes o caso do modelo mais simples que permite decomposição não trivial em componentes sazonal, de ciclo-tendência e irregular, a saber:

$$(1 - B^2)z_t = z_t - z_{t-2} = a_t$$

PLOSSER (1978) discute a utilização de um modelo econômico na formulação e especificação do modelo a ser usado para o ajustamento sazonal, analisando a sazonalidade em modelos estruturais. Por exemplo, a sazonalidade da mão-de-obra não-agrícola não é independente da sazonalidade da mão-de-obra agrícola; logo, o conhecimento da estrutura econômica pode auxiliar na interpretação da variação sazonal de certas variáveis.

Seguindo o enfoque introduzido por GREYHER & NERLOVE (1970), NERLOVE (1964) e PAGAN (1975), ENGLE (1978) propôs um método estrutural para, a partir de modelos estruturais ARIMA, obter as componentes da série através do filtro de Kalman. Essa formulação inclui modelos com variáveis exógenas, o que permite introduzir informações sobre greves, tempo, dias úteis, feriados, ciclos econômicos, inflação e outras influências causais. Entretanto, os problemas computacionais são grandes. Um estudo comparativo mostra que o desempenho desse método no caso univariado é semelhante ao do X-11, mas é melhor quando variáveis causais são introduzidas. HOWREY (1978) comenta as dificuldades de especificação (ou identificação) do modelo e dos procedimentos de filtragem desse método. HARVEY & PETERS (1990) argumentam a favor de tais modelos estruturais quando a finalidade do estudo é fazer previsões, discutindo, ainda, as propriedades dos estimadores e os métodos de estimação.

A matriz de informação de Fisher para modelos ARMA sazonais é dada por KLEIN & MÉLARD (1990).

## 6 - OUTROS TÓPICOS

Apresenta-se, a seguir, outros tópicos

relevantes nos estudos de sazonalidade.

### 6.1 - Efeitos dos Processos de Ajustamento Sazonal

Os efeitos do ajustamento sazonal sobre uma série temporal têm sido estudados por diversos autores. Segundo GAIT (1975), as tentativas de remoção dos efeitos sazonais em séries temporais ainda não haviam provado ser estatisticamente adequadas. Além disso, todos os métodos utilizam filtros, cujos efeitos podem ser difíceis de especificar, *a priori*, como a remoção de mais elementos além dos que são estritamente sazonais, a introdução de movimentos não-sazonais e a distorção nas relações entre a série ajustada sazonalmente e a série original. Tais efeitos podem ser constatados comparando-se os espectros entre a série original e a ajustada, observando-se o ganho e a fase do filtro aplicado (GAIT, 1975; NERLOVE, 1964, citado por GAIT, 1975). Essa análise pode basear-se na simples observação visual dos espectros das duas séries ou na utilização da técnica conhecida por análise de espectro. "Como todos os métodos de ajustamento sazonal, existentes até agora, distorcem as relações entre a série original e a ajustada, existe a dúvida sobre a prática padrão de ajustamento sazonal como chave de indicadores de modelos, embora seja necessária sua aplicação aos dados observados" (GAIT, 1975).

O efeito do ajustamento sazonal sobre um modelo de defasagens distribuídas para relacionar variáveis foi estudado por WALLIS (1974), que mostra que coeficientes espúrios podem aparecer. Esse autor fala, também, em aproveitar a prática econômica e a teoria estatística para se chegar a resultados aplicáveis e de validade científica (GAIT, 1975).

Em estudo sobre séries reais, trabalhando com o método X-11, MILLER (1990) mostrou que o ajustamento sazonal pode ofuscar aspectos importantes do comportamento da série. O efeito do ajustamento sazonal por diferentes procedimentos é analisado por MARAVALL (1980) e por STOKES (1980). O efeito do ajustamento sazonal sobre previsões obtidas por modelos foi estudado por FISHER & WALLIS (1992). O efeito sobre o desvio

padrão de previsão foi tratado por JOUTZ & TROST (1992).

## 6.2 - Efeitos da Agregação sobre a Sazonalidade

Quando se dispõe de observações desagregadas de uma série, que podem ser agregadas (por exemplo, em nível nacional), surge a questão sobre o que é melhor: fazer o ajustamento sazonal na série agregada ou fazê-lo em cada uma das séries e depois agregar? KALLEK (1978) assinalava que até aquele "momento relativamente pouco progresso teórico fora feito nessa área". Também FROMM (1978) e GEWEKE (1978) discutiram o assunto.

No caso da agregação temporal, a questão aparece resolvida em WEI (1978) e em PINO; MORETTIN; MENTZ (1987). Nesse caso, a agregação diminui ou elimina a sazonalidade, e esses autores mostram que, do ponto de vista de precisão das estimativas, é melhor modelar e depois agregar do que o contrário.

## 6.3 - Efeitos de Erros de Amostragem sobre o Ajustamento Sazonal

É sabido que imperfeições nos dados devidas a erros de amostragem e a erros de levantamento podem levar a distorções nos resultados de estimativas dos parâmetros de modelos e de outros procedimentos estatísticos, o que acaba provocando problemas nas conclusões tiradas sobre tais resultados (PINO, 1986). Um estudo sobre o assunto no contexto de ajustamento sazonal foi apresentado por BELL & WILCOX (1993).

## 6.4 - Raízes Unitárias

Este é um enfoque mais recente sobre a questão da sazonalidade. Os processos sazonais podem ser classificados em três grupos: a) processos sazonais puramente determinísticos; b) processos sazonais estacionários; e c) processos sazonais integrados (HYLLEBERG et alii, 1990). Na verdade, um processo pode incluir sazonalidade de mais de um desses tipos. Um processo sazonal puramente deter-

minístico é aquele gerado por variáveis binárias sazonais do tipo:

$$z_t = \mu_t \\ = \sum_{i=1}^s a_i S_{it}$$

Um processo sazonal estacionário pode ser gerado por uma auto-regressão, potencialmente infinita (ver modelos de Box-Jenkins):

$$\pi(B)z_t = a_t$$

onde  $a_t$  é um processo de ruído branco (HYLLEBERG et alii, 1990; BOX & JENKINS, 1976). É usual a suposição de que todas as raízes de  $\pi(B)=0$  caíam fora do círculo unitário, porém algumas delas podem ser pares de complexos com periodicidades sazonais. Se houver uma raiz unitária sazonal nessa representação auto-regressiva, ter-se-á um processo sazonal integrado.

Nos modelos ARIMA apresentados por BOX & JENKINS (1976), raízes unitárias correspondem a um pico no espectro na frequência zero. Porém existe a possibilidade de ocorrerem raízes unitárias em outras frequências, como as sazonais, resultando em modelos sazonais integrados, isto é, que por meio de diferenças apropriadas tornam-se estacionários.

Testes univariados para raízes unitárias convencionais foram propostos por FULLER (1976), DICKEY & FULLER (1979), ENGLE & GRANGER (1987). HYLLEBERG et alii (1990) propuseram um teste para raízes unitárias sazonais. Uma aplicação é mostrada em BEAULIEU & MIRON (1993).

Se um par de séries for integrada numa determinada frequência, elas serão co-integradas nessa frequência caso uma combinação linear delas não for integrada nessa frequência, tendo alguns autores propostos testes para co-integração (ENGLE & GRANGER, 1987; HYLLEBERG et alii, 1990; JOYEUX, 1992; ENGLE et alii, 1993). O assunto encontra-se, ainda, em GHYSELS & PERRON (1993), DIEBOLD (1993), OSBORN (1993).

## 6.5 - Tendência

Assim como a sazonalidade, a tendência pode ter interesse de estudo por si. Testes não-paramétricos foram inicialmente apresentados para verificar a existência de tendência na série, como o teste de postos e o teste do sinal, propostos por WALLIS & ROBERTS (1956), e cujas deduções podem ser encontradas em DRAPER & SMITH (1966), HAJEK (1969), LINDGREEN & McELPATH (1972) e MOOD & GRAYBILL (1963), citados por GAIT (1975).

Também métodos de eliminação da tendência foram apresentados, como: a) método da média móvel simples centrada (método da diferença), que serve para o modelo aditivo; b) método da média móvel simples centrada (método da razão), que serve para o modelo multiplicativo; c) método das constantes sazonais com tendência no tempo; d) primeiro método de Hannan; e) segundo método de Hannan; f) método da diferença de variáveis; e g) método de Rhodes e Quenouille (GAIT, 1975).

BARSKY & MIRON (1989) consideram duas definições ou representações alternativas da tendência. A primeira é aquela de uma raiz unitária na representação ARIMA da componente não determinística da série. NELSON & PLOSSER (1982), CAMPBELL & MANKIW (1987) e outros, citados por BARSKY & MIRON (1989), mostram que essa especificação pode ser mais consistente com os dados observados do que a especificação em que a série é considerada estacionária ao redor de uma tendência determinística. O fato de não se poder rejeitar a hipótese de uma raiz unitária não implica que ela esteja presente, uma vez que testes para raízes unitárias tendem a ter poder limitado (SHILLER & PERRON, 1985, citados por BARSKY & MIRON, 1989). HASZA & FULLER (1982) e DICKEY; HASZA; FULLER (1984) falam em teste para raízes unitárias (na defasagem um ou sazonal) em dados não ajustados sazonalmente, embora tais análises venham sendo feitas em dados anuais ou sazonalmente ajustados. GHYSELS (1987) sugere que o uso de dados sazonalmente ajustados pode viesar testes de raiz unitária na direção de rejeitar tendências determinísticas.

A segunda representação considerada por BARSKY & MIRON (1989) consiste na função *spline* proposta por HODRIK & PRESCOTT (1980), a qual

permite que a tendência mude ligeiramente ao longo do tempo. Aqueles autores fazem notar que "a interpretação da série livre de tendência é diferente para os dois modelos. O primeiro produz taxas de crescimento, o segundo produz desvios percentuais da tendência" (BARSKY & MIRON, 1989).

BOX; PIERCE; NEWBOLD (1987) discutiram como estimar a tendência e as taxas de crescimento em séries temporais que possam ser representadas por um modelo ARIMA sazonal.

## 6.6 - Revisões

Revisões nas estimativas quando mais dados tornam-se disponíveis também podem ter interesse no estudo da sazonalidade. Seja  $\hat{s}_t^{(n)}$  a estimativa da componente sazonal baseada em observações até o instante  $n$ . Então (PIERCE, 1980a, 1980b), para  $-\infty < n < m$ , a revisão com dados até o instante  $t-n$  da estimativa obtida com dados até  $t-m$  é dada por:

$$r_t^{(m,n)} = \hat{s}_t^{(n)} - \hat{s}_t^{(m)}$$

O assunto é tratado por diversos autores, como HUOT; CHIU; HIGGINSON (1986), MARAVALL (1980) e DAGUM (1982).

## 7 - OBSERVAÇÕES FINAIS

Pode-se encerrar este levantamento com algumas palavras sensatas de outros autores.

"A História parece mostrar que progresso mais rápido ocorre quando se permite que teoria e prática se confrontem, critiquem e estimulem-se uma à outra" (BOX; HILLMER; TIAO, 1978).

"Nossa recomendação geral seria tentar diversos métodos e escolher aquele que parece dar os resultados mais razoáveis" (KENDALL & STUART, 1968, citados por KUIPER, 1978).

Em resumo, a questão da sazonalidade pode ser vista sob diversos ângulos, cada um deles mais enfatizado por um dos métodos. Sua escolha depende da adequação a cada finalidade, e o usuário deve informar-se adequadamente antes de utilizar cada método.

## LITERATURA CITADA

- ARAUJO, José. F. & KHAN, Ahmad. S. Análise harmônica de preços e quantidades de laranja e banana no nordeste brasileiro. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 25(4):419-437, out./dez. 1987.
- BAR ON, Raphael R. V. The analysis of single and related time series into components: proposals for improving X-11. In: ZELLNER, Arnold. ed.. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U. S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978 a. p.107-158. (Economic Research Report, 1).
- \_\_\_\_\_. Response to comments by John F. Early and Harry V. Roberts. In: \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_, 1978b. p.171-172.
- BARSKY, Robert B. *The seasonal cycle and the business cycle*. Cambridge, Mass., NBER, 1988. (Working Paper, 2688).
- \_\_\_\_\_. & MIRON, Jeffrey A. The seasonal cycle and the business cycle. *Journal of Political Economy*, Illinois, 97(3):503-534, Jun. 1989.
- BARTLETT, M. S. *An introduction to the stochastic process with special reference to methods and applications*. Cambridge, University, 1955. 312p.
- BARTOLOMEI, Sonia M. & SWEET, Arnold L. A note on a comparison of exponential smoothing methods for forecasting seasonal series. *International Journal of Forecasting*, Amsterdam, 5(1): 111-116, 1989.
- BEAULIEU, J. Joseph & MIRON, Jeffrey A. Seasonal unit roots in aggregate U.S. data. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, 55(1/2):305-328, Apr./May, 1993.
- BELL, William R. & HILLMER, S. C. Issues involved with the seasonal adjustment of economic time series. *Journal of Business & Economic Statistics*, Illinois, 57(2):291-320, Apr. 1984.
- BELL, William R. & WILCOX, D. W. The effect of sampling error on the time series behavior of consumption data. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, 55(1/2):235-265, Apr./May 1993.
- BLOOMFIELD, Peter. Comments on "SABL: a resistant seasonal adjustment procedure with graphical methods for interpretation and diagnosis" by William S. Cleveland, Douglas M. Dunn, and Irma J. Terpenning. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.232-236. (Economic Research Report, 1).
- BONGARD, J. Some remarks on moving averages. In: ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. *Seasonal adjustment on electronic computers*. Paris, OECD, 1960. p.361-390.
- \_\_\_\_\_. Aspects de la theorie des moyennes mobiles. In: CONFERENCE ON SEASONAL ADJUSTMENT. Amsterdam, Apr. 1-2. 1976. Amsterdam, Vrije University, 1976.
- BOWERMAN, Bruce L.; KOEHLER, Anne B.; PACK, David J. Forecasting time series with increasing seasonal variation. *Journal of Forecasting*, London, 9(5):419-436, Oct./Dec. 1990.
- BOX, George E. P. Nonnormality and tests on variances. *Biometrika*, 40:318-355, 1953.
- \_\_\_\_\_. & JENKINS, Gwylim M. *Time series analysis: forecasting and control*. San Francisco, Holden-Day, 1976.
- \_\_\_\_\_.; HILLMER, Steven C.; TIAO, George C. Analysis and modeling of seasonal time series. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.309-334. (Economic Research



- Report, 1).
- BOX, George E. P.; PIERCE, David A.; NEWBOLD, Paul. Estimating trend and growth rates in seasonal time series. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, **82**(397): 276-282, Mar. 1987.
- BRITAIN, John A. A regression model for estimation of the seasonal component in unemployment and other volatile time series. *Review of Economics and Statistics*, **44**(1):24-36, 1962.
- BROWN, R. G. Smoothing, forecasting and prediction of discrete time series. New Jersey, Prentice Hall, 1962.
- BURMAN, J. P. Comments on "A survey and comparative analysis of various methods of seasonal adjustment" by John Kuiper. In: ZELLNER, Arnold. ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p. 77-84. (Economic Research Report, 1).
- BURMAN, J. P. Moving seasonal adjustment of economic time series. *Journal of the Royal Statistical Society, ser. A*, **128**:534-558, 1965.
- BURNS, A. F. & MITCHELL, Wesley. C. *Measuring business cycles*. New York, Columbia University, 1946.
- BURRIDGE, Peter & WALLIS, Kenneth F. Calculating the variance of seasonally adjusted series. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, **80**(391):541-552, Sep. 1985.
- \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Seasonal adjustment and Kalman filtering: extension to periodic variances. *Journal of Forecasting*, London, **9**(2):109-118, Mar./Apr. 1990.
- BUYS BALLOT, C. H. D. Les changements periodiques de temperature, dependants de la nature du soleil et de la lune, mis en rapport avec le pronostic du temps, deduits d'observations neerlandaises de 1729 a 1846. Utrecht, Kemink and Fils, 1847.
- CAMPBELL, John Y. & MANKIW, N. Gregory. Are output fluctuations transitory? *Quarterly Journal of Economics*, Massachusetts, **102**(4):857-880, Nov. 1987.
- CANOVA, Fabio. Forecasting time series with common seasonal patterns. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, **55**(1/2):173-200, Apr./May 1993.
- CARLIN, J. B. & DEMPSTER, A. P. Sensitivity analysis of seasonal adjustments: empirical case studies. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, **84**(405):6-20, Mar. 1989.
- CLEVELAND, William S. & DEVLIN, Susan J. Calendar effects in monthly time series: detection by spectrum analysis and graphical methods. \_\_\_\_\_, Washington, **75**(371):487-496, Sep. 1980.
- \_\_\_\_\_ & TERPENNING, Irma J. Graphical methods for seasonal adjustment. \_\_\_\_\_, Washington, **77**(377):52-62, Mar. 1982.
- \_\_\_\_\_; DUNN, Douglas M.; TERPENNING, Irma J. SABL: a resistant seasonal adjustment procedure with graphical methods for interpretation and diagnosis. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.201-231. (Economic Research Report, 1).
- COELHO, Carlos H. M. & TENENBLAT, Moyses. Trading days, seasonal unit root, and variance change. *International Journal of Forecasting*, Amsterdam, **8**(1):61-67, Jun. 1992.
- CONOVER, W. J. *Practical nonparametric statistics*. New York, John Wiley & Sons, 1971.

- COWDEN, Dudley J. Moving seasonal indexes. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, 37:523-524, 1942.
- DAGUM, Estela B. Seasonal factor forecasts from ARIMA models. In: PROCEEDINGS INTERNATIONAL STATISTICAL INSTITUTE, 40. s.l.p, ISI, 1975. p.206-219.
- \_\_\_\_\_. Comments on "A survey and comparative analysis of various methods of seasonal adjustment" by John Kuiper. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.85-92. (Economic Research Report, 1).
- \_\_\_\_\_. The effects of asymmetric filters on seasonal factor revisions. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, 77(380): 732-738, Dec. 1982.
- \_\_\_\_\_. & QUENNEVILLE, Benoit. Dynamic linear models for time series components. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, 55(1/2): 333-351, Apr./May 1993.
- DICKEY, David A. & FULLER, Wayne A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, 74(366):427-431, Jun. 1979.
- \_\_\_\_\_.; HASZA, D. P.; \_\_\_\_\_. Testing for unit roots in seasonal time series. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, 79(386):355-67, Jun. 1984.
- DIEBOLD, Francis X. Discussion: the effect of seasonal adjustment filters on tests for a unit root. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, 55(1/2):99-103, Apr./May 1993.
- DRAPER, N. R. & SMITH, H. *Applied regression analysis*. New York, John Wiley & Sons, 1966.
- DURBIN, J. & KENNY, P. B. Seasonal adjustment when the seasonal component behaves neither purely multiplicatively nor purely additively. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.173-188. (Economic Research Report, 1).
- EARLY, John F. Comments on "The analysis of single and related time series into components: proposals for improving X-11" by Raphael Raymond V. Bar On. In: \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_., 1978 p.159-160.
- ENGLE, Robert F. Estimating structural models of seasonality. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.281-297. (Economic Research Report, 1).
- \_\_\_\_\_. & GRANGER, C. W. J. Co-integration and error correction: representation, estimation and testing. *Econometrica*, New Jersey, 55(2):251-276, Mar. 1987.
- \_\_\_\_\_. et alii. Seasonal cointegration: the japanese consumption function. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, 55(1/2):275-298, Apr./May 1993.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Commerce. Bureau of Economic Analysis. *The X-11 variant of the Census Method II seasonal adjustment program*. Washington, 1976. (BEA-R 76-01).
- FALKNER, Helen D. The measurement of seasonal variation. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, 19:167-179, 1924.
- FASE, M. M. G.; KONING, J.; VOLGENANT, A. F. An experimental look at seasonal adjustment. *De Economist*, 121:441-480, 1973.
- FISHER, A. A brief note on seasonal variation.

- Journal of Accountancy*, 64:174-199, 1937.
- FISHER, Paul G. & WALLIS, Kenneth F. Seasonality in large-scale macroeconomic models. *Journal of Forecasting*, London, 11(4): 255-270, Jun. 1992.
- FISHER, R. A. Tests of significance in harmonic analysis. *Proceedings of the Royal Society of London, Ser. A*, 130:54-59, 1929.
- FRIEDMAN, M. & SCHWARTZ, A. J. A monetary history of the United States, 1867-1960. Princeton, N. J., Princeton University, 1963.
- \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. Monetary trends in the United States and the United Kingdom: their relation to income, prices and interest rates, 1967-1975. Chicago, University of Chicago Press, 1982.
- FROMM, Gary. Comments on "An overview of the objectives and framework of seasonal adjustment" by Shirley Kallek. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.26-29. (Economic Research Report, 1).
- FRY, E. R. Seasonal adjustment of M1: currently published and alternative methods. Washington, U.S. Federal Reserve System, Board of Governors of the Federal Reserve System, 1979. (Staff Economic Studies, 87).
- FULLER, W. A. *Introduction of statistical time series*. New York, John Wiley, 1976.
- GAIT, Nazira. *Ajustamento sazonal de séries temporais*. São Paulo, USP/IME, 1975. 111p. Dissertação de Mestrado.
- GEWEKE, John. The temporal and sectorial aggregation of seasonally adjusted time series. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.411-427. (Economic Research Report, 1).
- GHYSELS, Eric. Cycles and seasonals in inventories - another look at nonstationarity and induced seasonality. In: ASA MEETINGS, 1987. São Francisco, ASA, 1987.
- \_\_\_\_\_. A study toward a dynamic theory of seasonality for economic time series. *Journal of the American Statistical Association*, Alexandria, VA, 83(401):168-172, Mar. 1988.
- \_\_\_\_\_. & PERRON, Pierre. The effect of seasonal adjustment filters on tests for a unit root. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, 55(1/2):57-98, Apr./May 1993.
- GRANGER, Clive W. J. Seasonality: causation, interpretation, and implications. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.33-46. (Economic Research Report, 1).
- GRENANDER, U. & ROSENBLAT, M. *Statistical analysis of stationary time series*. New York, John Wiley, 1957. 300p.
- GRETHER, D. M. & NERLOVE, Marc. Some properties of 'optimal' seasonal adjustment. *Econometrica*, Massachusetts, 38(5):682-703, Sep. 1970.
- HAAN, R. J. A. *A mechanized method of seasonal adjustment*. The Hague, Central Planning Bureau, 1974.
- HALD, A. *The decomposition of a series of observations composed of a trend, a periodic movement, and a stochastic variable*. Copenhagen, G.E.C. Gads Forlag, 1948.
- HAJEK, J. *Nonparametric statistics*. Holden Day, 1969.

- HANNAN, E. J. Testing for a jump in the spectral function. *Journal of the Royal Statistical Society, Ser. B*, 23(2):394-404, 1961.
- HANSEN, Lars P. & SARGENT, Thomas J. Seasonality and approximation errors in rational expectation models. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, 55(1/2):21-55, Apr./May 1993.
- HARVEY, A. C. & PETERS, S. Estimation procedures for structural time series models. *Journal of Forecasting*, London, 9(2):89-108, Mar./Apr. 1990.
- HASZA, D. P. & FULLER, W. A. Testing for nonstationary parameter specifications in seasonal time series models. *Amm. Statis.*, 10:1209-16, Dec. 1982.
- HAUSMAN, Jerry A. & WATSON, Mark W. Errors in variables and seasonal adjustment procedures. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, 80(391): 531-540, Sep. 1985.
- HILLMER, S. C. & TIAO, George C. An ARIMA-model-based approach to seasonal adjustment. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, 77(377): 63-70, Mar. 1982.
- HODRIK, R. J. & PRESCOTT, E. C. Post-war U. S. business cycles: an empirical investigation. Pittsburg, Carnegie-Mellon University, 1980.
- HOFFMANN, Rodolfo. *Estatística para economistas*. São Paulo, Pioneira, 1980. 379p.
- HOTTA, Luiz K. & CAZORLA, Irene M. X-11 seasonal adjustment program options. *Revista de Econometria*, 10(1):161-179, 1990.
- HOWREY, E. P. Comments on "Estimating structural models of seasonality" by Robert F. Engle. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.198-301. (Economic Research Report, 1).
- HUOT, Guy; CHIU, Kim; HIGGINSON, John. Analysis of revisions in the seasonal adjustment of data using X-11-ARIMA model based filters. *International Journal of Forecasting*, Amsterdam, 2(2):217-229, 1986.
- HYLLEBERG, S. *Seasonality in regression*. Orlando, Fla., Academic Press, 1986.
- \_\_\_\_\_. et alii. Seasonal integration and cointegration. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, 44(1/2):215-238, Apr./May 1990.
- JONES, R. H. & BRELSFORD, W. M. Time series with periodic structure. *Biometrika*, 54:403-408, 1967.
- JORGENSON, D. W. Minimum variance, linear unbiased seasonal adjustment of economic time series. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, 59(307):681-724, 1964.
- JOUTZ, Frederick & TROST, Robert. Using stochastic simulation to test the effect of seasonal adjustment on forecast standard errors of motor gasoline demand. *International Journal of Forecasting*, Amsterdam, 8(2):219-231, Oct. 1992.
- JOYEUX, Roselyne. Tests for seasonal cointegration using principal components. *Journal of Time Series Analysis*, Manchester, 13(2):109-118, 1992.
- KALLEK, Shirley. An overview of the objectives and framework of seasonal adjustment. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.3-25. (Economic Research Report, 1).
- KENDALL, M. G. *Time series*. London, Griffin, 1973.
- \_\_\_\_\_. & STUART, A. *The advanced theory of*

- statistics. 2.ed. New York, Hafner Publishing, 1968.
- KLEIN, André & MÉLARD, Guy Fisher's information matrix for seasonal autoregressive-moving average models. *Journal of Time Series Analysis*, Manchester, 11(3):231-237, 1990.
- KLEIN, Lawrence R. Comments on "An overview of the objectives and framework of seasonal adjustment" by Shirley Kallek. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.30-32. (Economic Research Report, 1).
- KOOPMANS, L. H. *The spectral analysis of time series*. New York, Academic Press, 1974. 366p.
- KUIPER, John. A survey and comparative analysis of various methods of seasonal adjustment. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.59-76. (Economic Research Report, 1).
- KUZNETS, Simon. Seasonal pattern and seasonal amplitude: measurement of their short-time variations. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, 27:9-20, 1932.
- LINDGREEN, B. W. & McELPATH, G. W. *Introduction to probability and statistics*. New York, McGraw-Hill, 1972.
- LOVELL, M. C. Seasonal adjustment of economic time series and multiple regression analysis. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, 58:1003-1010, 1963.
- MACAULAY, Frederick R. *The smoothing of time series*. Washington, National Bureau of Economic Research, 1931.
- McKENZIE, Ed. Error analysis for Winter's additive seasonal forecasting system. *International Journal of Forecasting*, Amsterdam, 2(3):373-382, 1986.
- MAKRIDAKIS, Spyros. The art and science of forecasting: an assessment and future directions. *International Journal of Forecasting*, Amsterdam, 2(1):15-39, 1986.
- MARAVALL, Agustin. Effects of alternative seasonal adjustment procedures on monetary policy. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, 14(1):115-136, Sep. 1980.
- \_\_\_\_\_. & PIERCE, David A. A prototypical seasonal adjustment model. *Journal of Time Series Analysis*, Manchester, 8(2):177-193, 1987.
- MENDERSHAUSEN, Horst. Methods of computing and eliminating changing seasonal fluctuations. *Econometrica*, Massachusetts, 5:234-262, 1937.
- MENTZ, Raul P. Estudio del componente estacional de las series cronologicas mediante el analisis espectral. *Estadística*, 100:518-546, 1968.
- MESNAGE, M. Elimination des variations saisonnieres: la nouvelle méthode de l'OSCE. *Études et Enquetes Statistiques*, 1:7-78, 1968.
- \_\_\_\_\_. Utilisation de filtres lineaires a coefficients constants pour la desaisonnalisation des series chronologiques. In: COFERENCE ON SEASONAL ADJUSTMENT, Amsterdam, Apr.1-2, 1976. Amsterdam, Vrije University, 1976.
- MILLER, Stephen E. Seasonality and stock-adjustment models of retail food store inventory behavior. *American Journal of Agricultural Economics*, Kansas, 72(4): 1018-1027, Nov. 1990.
- MOOD, Alexander M. & GRAYBILL, Franklin A. *Introduction to the theory of statistics*.

- New York, McGraw-Hill, 1963.
- MORETTIN, Pedro A. & TOLOI, Clélia M. C. *Séries temporais*. São Paulo, Atual, 1986. 136p.
- \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. *Previsão de séries temporais*. 2. ed. São Paulo, Atual, 1987. 436p.
- NELSON, C. R. & PLOSSER C. I. Trends and random walks in macroeconomic time series: some evidence and implications. *Journal of Monetary Economic*, 10:139-62, Sep. 1982.
- NERLOVE, Marc. Spectral analysis of seasonal adjustment procedures. *Econometrica*, 32:241-286, Jul. 1964.
- \_\_\_\_\_; ROSS, David; WILLSON, Douglas. The importance of seasonality in inventory models. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, 55(1/2):105-128, Apr./May 1993.
- NOURNEY, M. *Methode der zeitreihenanalyse*. *Wirtschaft und Statistik*, Heft 1, 1973.
- \_\_\_\_\_. *Weiterentwicklung des verfahrens der zeitreihenanalyse*. *Wirtschaft und Statistik*, Heft 2, 1975.
- NOWROOZI, A. A. Table for fisher's test of significance in harmonic analysis. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 12:517-520, 1967.
- NULLAU, B. et alii. *Das berliner verfahren, ein beitrag zur zeitreihenanalyse*. Heft 7. Berlin, DIW - Beitrage zur Strukturforschung, Deutsches Institut fur Wirtschaftsforschung, 1969.
- O'GORMAN, Thomas W. On the design of seasonal adjustment methods using linear programming techniques. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, 77(380):739-742, Apr./May 1982.
- OSBORN, Denise R. Discussion: seasonal cointegration. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, 55(1/2):299-303, 1993.
- OSBORN, Denise R. & SMITH, J. P. The performance of periodic autoregressive models in forecasting seasonal U. K. consumption. *Journal of Business and Economic Statistics*, 7:117-127, 1989.
- PAGAN, Adrian. A note on the extraction of components from time series. *Econometrica*, Massachusetts, 43(1):163-168, 1975.
- PAGANO, M. On periodic and multiple autoregressions. *Annals of Statistics*, 6: 1310-1317, 1978.
- PIERCE, David A. Data revisions with moving average seasonal adjustment procedures. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, 14(1): 95-114, 1980a.
- PIERCE, David A. Seasonal adjustment when both deterministic and stochastic seasonality are present. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.242-269. (Economic Research Report, 1).
- \_\_\_\_\_. A survey of recent developments in seasonal adjustment. *The American Statistician*, 34(3):125-134, 1980b.
- PINO, Francisco A. *Análise de intervenção em séries temporais: aplicações em economia agrícola*. São Paulo, USP/IME, 1980. Dissertação de Mestrado.
- \_\_\_\_\_. *Deteção e correção de erros em levantamentos agrícolas*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 21(9):979-985, 1986.
- \_\_\_\_\_; MORETTIN, Pedro A.; MENTZ, Raul P. Modelling and forecasting linear combinations of time series. *International Statistical Review*, 55(3):295-313, 1987.
- \_\_\_\_\_; NOGUEIRA JÚNIOR, Sebastião; TOLOI,



- Clélia M. C. Relações dinâmicas entre preços da soja brasileira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 18(11):1163-1173, 1983.
- PLOSSER, Charles I. A time series analysis of seasonality in econometric models. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.365-397. (Economic Research Report, 1).
- \_\_\_\_\_. Short-term forecasting and seasonal adjustment. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, 74(365): 15-24, Mar. 1979.
- PRIESTLEY, M. B. Analysis of stationary processes with mixed spectra - I. *Journal of the Royal Statistical Society, ser. B*, 24:215-233, 1962a.
- \_\_\_\_\_. Analysis of stationary processes with mixed spectra - II. \_\_\_\_\_, :511-529, 1962b.
- RAYNAUD, Jacques & SIMONATO, Jean-Guy. Seasonal BVAR models: a search along some time domain priors. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, 55(1/2):203-229, Apr./May 1993.
- ROBERTS, Harry V. Comments on "The analysis of single and related time series into components: proposals for improving X-11" by Raphael Raymond V. Bar On. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.161-170. (Economic Research Report, 1).
- ROCHA, Jacira G. C. Testes para componentes periódicas em séries temporais. São Paulo, USP/IME, 1983. 4p. Dissertação de Mestrado.
- SARGENT, Thomas J. Comments on "Seasonal adjustment and multiple time series analysis" by K. F. Wallis. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.361-364.
- SAS INSTITUTE. *SAS/ETS user's guide*. Cary, NC. SAS Institute, 1988.
- SCHLICHT, Ekkehart. A seasonal adjustment principle and a seasonal adjustment method derived from this principle. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, 76(374):374-378, Jun. 1981.
- SCOTT, Stuart. An extended review of the X-11 ARIMA seasonal adjustment package. *International Journal of Forecasting*, Amsterdam, 8(4): 627-633, 1992.
- SHILLER, R. J. & PERRON, P. Testing the random walk hypothesis: power versus frequency of observation. *Economic Letters*, 18(4):381-86, 1985.
- SHIMSHONI, M. On Fisher's test of significance in harmonic analysis. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 23:373-377, 1971.
- SHISKIN, Julius. Seasonal adjustment of sensitive indicators. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.97-103. (Economic Research Report, 1).
- SIMS, Christopher A. Rational expectations modeling with seasonally adjusted data. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, 55(1/2):9-19, Apr./May 1993.
- \_\_\_\_\_. Seasonality in regression. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, 69:618-626, Sep. 1974.
- STEPHENSON, James A. & FARR, Helen T. Seasonal adjustment of economic data by application of the general linear statistical model. \_\_\_\_\_, Washington, 67(337):37-45, Mar. 1972.

- STOKES, Houston H. Effects of alternative seasonal adjustment procedures on monetary policy-comment. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, 14(1):137-140, Sep. 1980.
- TIAO, George C. & BOX, George E. P. Modeling multiple time series with application. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, 76(376):803-816, Sep. 1981.
- \_\_\_\_\_. & GRUPE, M. R. Hidden periodic autoregressive-moving average models in time series data. *Biometrika*, 67:365-373, 1980.
- TINBERGEN, J. & ROMBOUTS, A. Seasonality: application of the methods of Wald and Zaycoff. *De Nederlandsche Conjunctuur*, 9:74-86, 1938.
- TROUTMAN, B. M. Some results in periodic autoregression. \_\_\_\_\_, 66:219-228, 1979.
- TSAY, Ruey S. & TIAO, George C. Identification of multiplicative ARMA models for seasonal time series. DeKalb, Illinois, Scientific Computing Associates, 1983. (Working Paper, 105).
- TUKEY, John W. Comments on "Seasonality: causation, interpretation, and implications" by Clive W. J. Granger. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.50-53. (Economic Research Report, 1).
- VAN PESKI, Neva. Comments on "Seasonal adjustment when the seasonal component behaves neither purely multiplicatively nor purely additively" by J. Durbin and P. B. Kenny. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p. 189-191. (Economic Research Report, 1).
- VICENTE, José R. et alii. A produção de leite no Estado de São Paulo, janeiro a setembro de 1978. *Informações Econômicas*, SP, 8(12):1-8, dez. 1978.
- WALD, A. Berechnung und ausschaltung von saisonchwankungen. In: *BEITRAGE ZUR KONJUNKTURFORSCHUNG*, 9, Vienna, Áustria, 1936.
- WALLIS, Kenneth F. Seasonal adjustment and multiple time series analysis. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.347-357. (Economic Research Report, 1).
- \_\_\_\_\_. Seasonal adjustment and relations between variables. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, 69(345):18-31, Mar. 1974.
- \_\_\_\_\_. & THOMAS, J. J. Seasonal variation in regression analysis. *Journal of the Royal Statistical Society, Ser. A*, 134(1):57-72, 1971.
- WALLIS, W. A. & ROBERTS, H. V. *Statistics: a new approach*. Glencoe III, Free Press, 1956.
- WEI, William W. S. Some consequences of temporal aggregation in seasonal time series models. In: ZELLNER, Arnold ed. *Seasonal analysis of economic time series*. Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. p.433-444. (Economic Research Report, 1).
- WHITTLE, P. The simultaneous estimation of a time series harmonic components and covariance structure. *Trabajos de Estadística*, 3:43-57, 1952.
- WINTERS, P. R. Forecasting sales by exponentially weighted moving average. *Management Science*, 6:324-342, 1960.
- YOUNG, P. C. et alii. Recursive forecasting, smoothing and seasonal adjustment of non-stationary environmental data. *Journal of Forecasting*, London, 10(1/2):57-89, Jan. 1991.

ZARNOWITZ, Victor. Recent work on business cycles in historical perspective: a review of theory and evidence. *Journal Economic Literature*, Massachusetts, 23(2): 523-80, Jun. 1985.

ZAYCOFF, R. *Über die Zzerlegung statistischer zeitreihen in drei komponenten.* Sophia,

State University of Sophia, Statistical Institute for Economic Research, 1936. (Publication, 4).

ZELLNER, Arnald ed. *Seasonal analysis of economic time series.* Washington, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, 1978. (Economic Research Report, 1).

