

Caracterização dos ciclos de negócios nos setores produtivos da indústria brasileira

CRISTIANO DA SILVA*
NICOLINO TROMPIERI NETO†
IVAN CASTELAR‡
JOÃO LIMA DA COSTA GADELHA§

Sumário

1. Introdução	533
2. Revisão bibliográfica.....	534
3. Metodologia.....	535
4. Resultados.....	539
5. Considerações finais	549

Palavras-chave

indústria, *wavelet*, datação, ciclos de negócios

JEL Codes

C31, E23, E32

Resumo • Abstract

Este trabalho examina os ciclos de negócios nos setores produtivos da indústria brasileira entre o primeiro trimestre de 1996 e o terceiro trimestre de 2016 (1996.T1–2016.T3). Adotou-se a análise multiresolução *Wavelet* para decompor as séries setoriais e da Indústria Geral em tendência e ciclo. O setor Extrativa Mineral apresentou um ciclo relativamente mais volátil e independente dos demais. A análise de comovimentos no domínio do tempo aponta que flutuações cíclicas no setor de Eletricidade e Gás possuem capacidade preditiva sobre o ciclo do setor de Construção Civil. A análise no domínio da frequência confirma que o setor de Transformação e a Indústria Geral apresentam um comportamento pró-cíclico frente a choques transitórios, sendo fortemente sincronizados.

1. Introdução

A motivação principal desse artigo é fazer uso de informações desagregadas em termos setoriais para caracterizar a trajetória temporal da atividade produtiva industrial no Brasil. Acredita-se que a investigação da interdependência no comportamento cíclico dos setores produtivos industriais em distintos horizontes de tempo e de frequência tem o potencial de contribuir ao debate sobre o atual estágio da indústria nacional.

*Universidade Federal do Ceará (UFC). Av. da Universidade, 2853, Benfica, Fortaleza, CE, CEP 60020-181, Brasil. [0000-0001-9534-5332](https://orcid.org/0000-0001-9534-5332)

†Universidade de Fortaleza (UNIFOR) e IPECE. Av. Washington Soares, 1321, Edson Queiroz, CEP 60811-905, Fortaleza, CE, Brasil. [0000-0002-1608-9754](https://orcid.org/0000-0002-1608-9754)

‡Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza, CE, Brasil. [0000-0002-7170-1870](https://orcid.org/0000-0002-7170-1870)

§Secretaria da Fazenda do Ceará (SEFAZ/CE). Av. Alberto Nepomuceno, 02, Centro, Fortaleza, CE, CEP 60055-000, Brasil.

✉ cristiano.dacostadasilva@hotmail.com ✉ nicolinoneto@gmail.com ✉ lume1250@yahoo.com.br
✉ joalcgadelha@hotmail.com

O artigo utiliza a Análise Multirresolução *Wavelet* para caracterizar o comportamento de curto e longo prazos dos setores de Construção Civil, Eletricidade e Gás, Extrativa Mineral e Indústria de Transformação, além da Indústria Geral, a partir da definição clássica de ciclos de negócios estabelecida em [Burns e Mitchell \(1946\)](#). O método é tido como um refinamento da análise espectral de Fourier, na medida em que permite uma resolução flexível na frequência e no tempo ([Rua, 2012](#)), permitindo decompor as séries temporais em componentes de tendência, de ciclo e ruídos de alta frequência ([Yogo, 2008](#)).

Os fatos estilizados sobre os ciclos de negócios dos setores produtivos industriais são construídos em três vertentes: i) Datação das fases de expansão e recessão dos ciclos econômicos a partir do algoritmo de [Harding e Pagan \(2002\)](#); ii) Análise de comovimentos entre os ciclos de negócios no domínio do tempo com base nas medidas de correlação e do teste de causalidade de Granger; iii) Análise dos comovimentos entre os ciclos de negócios no domínio da frequência a partir de ferramentas espectrais — coerência e diferença de fase do espectro.

Nossos resultados indicam uma natureza assimétrica dos ciclos de negócios nos setores produtivos industriais. Em média, as fases de expansão apresentam-se mais duradouras, enquanto as fases de recessão caracterizam-se por oscilações mais intensas. Documentamos também forte dependência entre os ciclos da Indústria de Transformação e da Indústria Geral, bem como um possível canal de transmissão entre flutuações no setor de Eletricidade e Gás e o setor de Construção Civil. Esta última evidência, porém, deve ser vista com cautela, haja visto o caráter estático das medidas de análise dos ciclos de negócios no domínio do tempo, e a rejeição da hipótese do canal de transmissão segundo a análise da coerência e diferença de fase do espectro.

O artigo está estruturado em cinco seções. Além desta, a [seção 2](#) realiza uma breve discussão sobre a literatura relacionada ao tema. Em seguida, a [seção 3](#) discute os procedimentos metodológicos. A [seção 4](#) apresenta os resultados encontrados e a [seção 5](#) traz as considerações finais.

2. Revisão bibliográfica

O debate sobre a existência de canais de transmissão de distúrbios desagregados sobre o estado dos ciclos de negócios em diferentes setores permeou o desenvolvimento de modelos de ciclos reais de negócios (RBC) multissetoriais, como observado em [Long e Plosser \(1983\)](#). Ainda ao longo da década de 1980, os estudos de [Engel \(1984\)](#) e [Long e Plosser \(1987\)](#) subsidiaram evidências adicionais da análise desagregada para a análise de flutuações cíclicas, indicando, de maneira geral, que a utilização de dados agregados potencialmente superestima as inter-relações temporais entre os ciclos econômicos de diferentes setores/regiões, levando a distorções não-triviais.

Apesar do exposto, poucas foram as pesquisas desenvolvidas, principalmente no âmbito externo aos Estados Unidos, com ênfase na análise desagregada das flutuações econômicas de curto prazo.

Com base na análise de componentes principais, Caporale (1997) investigou a importância relativa de choques setoriais e agregados sobre a geração das flutuações macroeconômicas no Reino Unido. Wang (2012) prosseguiu a discussão para a economia britânica, analisando os comovimentos setoriais no domínio do tempo e da frequência, a partir de ferramentas espectrais. Os resultados indicam que comportamento setorial similar em baixas frequências (ciclos de longo prazo), e um padrão independente dos ciclos econômicos setoriais em média e alta frequências (médio e curto prazos).

Reyes, Gómez, e Balboa (2005) encontraram padrões assimétricos no comportamento dos ciclos de negócios da atividade industrial do México, observando flutuações mais intensas nas atividades produtivas industriais nas fases de expansão. Os autores observaram também que os ciclos de expansão possuem duração média superior as dos ciclos de recessão.

Há também uma série de estudos que se propõem a analisar as flutuações cíclicas da atividade econômica do Brasil a nível nacional e regional (Issler & Vahid, 2001; Ellery, Gomes, & Sachsidá, 2002; Portugal & Morais, 2008; Morais, 2013; Silva, Trompieri, Castelar, & Silva, 2020), porém, este estudo se diferencia ao caracterizar tanto a natureza das expansões e recessões econômicos, assim como investigar os comovimentos entre os ciclos econômicos a nível desagregado, em termos setoriais.

3. Metodologia

3.1 Base de dados

Com o objetivo de realizar o exercício empírico, nós utilizamos as informações do Sistema de Contas Nacionais Trimestrais, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística — IBGE (2017). O conjunto de dados do IBGE decompõem a Indústria Total em quatro setores:

- Extrativa Mineral;
- Construção Civil;
- Indústria de Transformação;
- Eletricidade e Gás, Água, Esgoto e Limpeza Urbana (Eletricidade e Gás).

O IBGE disponibiliza informações sobre as variáveis na forma de uma série encadeada do índice de volume trimestral (Média de 1995=100), com ajuste sazonal realizado através do método X-13 Arima (programa de ajustamento sazonal do U.S. Census Bureau). Todas as variáveis possuem periodicidade trimestral, abrangendo

o período do primeiro trimestre de 1996 até o último trimestre de 2016, totalizando 84 observações amostrais.

3.1.1 Decomposição dos ciclos de negócios — Análise Multiresolução Wavelet

A análise espectral, e em especial a análise de Fourier, tem sido comumente implantada para a identificação de fatos estilizados de ciclos de negócios. No entanto, a hipótese subjacente de estacionariedade-ergodicidade das séries em análise, limita o leque de variáveis macroeconômicas factíveis. Para superar essa limitação, a transformada de *wavelet* expande a série temporal em versões escaladas e deslocadas de uma função cujas bandas espectrais e duração de tempo concentram-se em intervalos limitados. Visto a capacidade de realizar análises locais de uma série temporal, o método de *wavelet* é robusto a presença de mudanças repentinas de regimes, quebras no intercepto, *outliers*, distúrbios transitórios e choques de memória longa, os quais dissipam-se em longos intervalos de tempo (Benhmad, 2013), tornando-se um instrumento efetivo para avaliar séries temporais com raiz unitária.

Neste sentido, a Análise Multiresolução *wavelet* realiza a perfeita reconstrução da série temporal $x(t)$ a partir dos filtros *lowpass* e *highpass*, os quais são dados por $\{f_0(k)\}_{k=0}^{\tilde{N}}$ e $\{f_1(k)\}_{k=0}^{\tilde{N}}$, respectivamente. Defina $\tilde{\varphi}(t)$ como uma função dimensionamento (*scaling function*) expressa como

$$\tilde{\varphi}(t) = \sum_{k=0}^{\tilde{N}} 2h_0(k)\tilde{\varphi}(2t - k). \quad (1)$$

E defina a transformada de Wavelet $\tilde{w}(t)$ pela equação

$$\tilde{w}(t) = \sum_{k=0}^{\tilde{N}} 2h_1(k)\tilde{\varphi}(2t - k). \quad (2)$$

Sejam $\tilde{\varphi}_{jk}(t) = 2^{j/2}\tilde{\varphi}(2^j t - k)$ e $\tilde{w}_{jk}(t) = 2^{j/2}\tilde{w}(2^j t - k)$ as funções dimensionamento e *wavelet* na escala j e localização k . O j -ésimo nível da decomposição *wavelet* de um sinal contínuo temporal $x(t)$ é dado por

$$x(t) = \sum_k \tilde{\alpha}_{0k} \varphi_{0k}(t) + \sum_{j=0}^{J-1} \sum_k \tilde{b}_{jk} w_{jk}(t), \quad (3)$$

onde $\tilde{\alpha}_{0k} = \int x(t)\tilde{\varphi}_{0k}(t) dt$ e $\tilde{b}_{jk} = \int x(t)\tilde{w}_{jk}(t) dt$.

Definindo $H_0(w)$ e $H_1(w)$ como as respostas em frequência dos filtros *lowpass* e *highpass*, respectivamente, o filtro que relaciona os coeficientes de dimensionamento $\tilde{\alpha}_{0k}$ ao sinal original possui uma resposta em frequência dada por

$$A_0(w) = \prod_{l=0}^{J-1} H_0(2^l w). \quad (4)$$

Logo, o filtro relacionado trata-se de um filtro *lowpass* com uma aproximação *passband* $|w| \in [0, \pi/2^J]$. De forma análoga, o filtro que relaciona o coeficiente *wavelet* \tilde{b}_{jk} , a nível J , ao sinal original possui a resposta em frequência dada por

$$B_j(w) = H_1(2^{J-j-1}w) \prod_{l=0}^{J-j-2} H_0(2^l w), \quad (5)$$

o qual caracteriza-se como um filtro *bandpass* com uma aproximação *passband* $|w| \in [\pi/2^{J-j}, \pi/2^{J-j-1}]$.

Por fim, seja $F_o(w)$ a resposta em frequência do filtro síntese *lowpass*, note que quando $F_o(w)$ possui p zeros em π , a *Wavelet* possui p momentos nulos. Dessa forma, os polinômios de ordem $p - 1$ podem ser expressos como uma combinação linear das funções dimensionamento $\varphi_{0k}(t)$.

No intuito de avaliar os fatos estilizados dos ciclos de negócios da atividade industrial no Brasil, o presente artigo segue a especificação de [Yogo \(2008\)](#), escolhendo a família *wavelet biorthogonal* para realizar a transformada de *wavelet*,¹ a qual relaxa a hipótese de uma única base ortogonal para o processo, permitindo a construção de um suporte compacto para *Wavelets* simétricas.

Tendo em vista a limitação temporal dos dados, com 85 observações trimestrais regulares, uma dada série temporal $x(t)$ pode ser redimensionada pela transformada de *wavelet* em 5 escalas com distintas frequências:

$$x(t) = x_0(t) + \sum_{j=0}^3 y_j(t), \quad (6)$$

onde $x_0(t)$ denota flutuações com periodicidade superior à 32 períodos (tendência estocástica) e $y_j(t)$ representa flutuações com periodicidade entre 2^{4-j} e 2^{5-j} períodos. Logo, a fim de construir uma medida de ciclos de negócios com base na abordagem clássica, acumulam-se os componentes $y_0(t)$, $y_1(t)$ e $y_2(t)$, capturando oscilações de 4 a 32 trimestres. Enquanto $y_3(t)$ denota um ruído com periodicidade inferior à quatro trimestres, o qual será expurgado da análise.

3.2 Datação dos ciclos de negócios – Harding e Pagan (2002)

O algoritmo proposto por [Harding e Pagan \(2002\)](#) realiza a datação dos ciclos de negócios a partir de um conjunto de restrições (*censoring rules*) a fim de determinar pares adjacentes de máximos e mínimos locais que caracterizam *turning points* nas flutuações cíclicas. Com base na teoria clássica dos ciclos de negócios, selecionam-se somente os pares adjacentes de máximos e mínimos locais em que: i) a duração

¹Dentre as principais vantagens desta família em relação à família *orthogonal*, destaca-se o maior número graus de liberdade para uma ampla gama de funções, além da uma escala mais eficiente para as baixas frequências (o que permite uma extração mais robusta da tendência estocástica das séries temporais).

completa de um ciclo (pico a pico, vale a vale) possua no mínimo 5 trimestres; e ii) as fases de transição (pico a vale, vale a pico) tenham duração mínima de 2 trimestres. Em termos algébricos, um pico em uma dada série trimestral y_t ocorrerá no período t se

$$y_t - y_{t-2} > 0, \quad y_t - y_{t-1} > 0; \quad \text{e} \quad y_{t+2} - y_t < 0, \quad y_{t+1} - y_t < 0. \quad (7)$$

E um vale ocorrerá se

$$y_t - y_{t-2} < 0, \quad y_t - y_{t-1} < 0 \quad \text{e} \quad y_{t+2} - y_t > 0, \quad y_{t+1} - y_t > 0. \quad (8)$$

Logo, um ciclo de negócios completo — pico a pico — é composto por duas fases: a fase de recessão (do pico até o vale) e a fase de expansão (do vale até o pico). A partir da definição das fases cíclicas é possível estudar o comportamento dos ciclos de negócios por meio de um conjunto de medidas. As principais características que resumem o comportamento das fases cíclicas são sua duração, amplitude e inclinação.

Duração das Fases A medida representa o grau de persistência dos períodos de contração e expansão. Em termos matemáticos, a fase de recessão (expansão) é igual ao número de trimestres entre o pico (vale) e o próximo vale (pico).

Amplitude das Fases Levando em conta que as fases de expansão são, em média, mais duradouras do que às fases de recessão, a amplitude de uma recessão é mensurada a partir da taxa de alteração em y_t com relação ao início do pico (y_0) até o período em que o próximo vale é alcançado (y_k), onde o valor é dado em termos absolutos. Enquanto a amplitude de uma expansão é calculada a partir da diferença entre o vale (y_k) e o nível alcançado nos primeiros quatro trimestres de expansão (y_{k+4}).

Inclinação das Fases É calculada para investigar o grau de severidade de uma dada fase cíclica. Seu valor é igual a taxa de mudança entre o vale (pico) e o próximo pico (vale) alcançado, dividido pela duração da expansão (recessão). Os valores são dados em termos absolutos.

3.3 Análise da sincronização entre os ciclos de negócios dos sub-setores industriais

A utilização de técnicas espectrais é considerada uma importante ferramenta para identificar alguns fatos estilizados sobre ciclos de negócios. Por intermédio da análise de Fourier é possível avaliar a sincronização entre os ciclos de negócios de diferentes setores (regiões) ao longo de distintas frequências dos ciclos (curto, médio e longo prazo), contribuindo para a discussão dos comovimentos entre séries temporais em distintas frequências (Aguiar-Conraria, Azevedo, & Soares, 2008).

Considere um vetor de duas variáveis estacionárias $y_t = (X_t, Y_t)$. Seja $S_{YY}(w)$ o espectro populacional de Y e $S_{YX}(w)$ o espectro populacional cruzado (*cross spectrum*) entre X , Y . O *cross spectrum* populacional pode ser escrito em termos de seus componentes reais e imaginários como $S_{YX}(w) = C_{YX}(w) + iQ_{YX}(w)$, onde $C_{YX}(w)$ e $Q_{YX}(w)$ denotam o *cospectrum* populacional e *quadrature spectrum* populacional entre X , Y , respectivamente.

A coerência (*coherence populational*) representa o grau de sincronia entre duas séries temporais no domínio da frequência, sendo uma medida do grau ao qual X e Y são conjuntamente influenciadas por ciclos de frequência w :

$$h_{YX}(w) = \frac{[C_{YX}(w)]^2 + [Q_{YX}(w)]^2}{S_{YY}(w)S_{XX}(w)}. \quad (9)$$

A coerência toma valores entre $0 \leq h_{YX}(w) \leq 1$. Se $h_{YX}(w) = 1$ em algum dado ponto então ambas as séries caminham juntas a uma dada frequência, ou ciclo; se $h_{YX}(w) = 1$ para todo ponto espectral então as séries são comuns em todas as frequências, ou ciclos.

Já o espectro cruzado geralmente é representado no campo dos complexos, e pode ser expresso na sua forma polar:

$$S_{YX}(w) = C_{YX}(w) + iQ_{YX}(w) = R(w) \exp(i\theta(w)), \quad (10)$$

onde $R(w) = \{[C_{YX}(w)]^2 + [Q_{YX}(w)]^2\}^{1/2}$ e $\theta(w)$ representa o ganho e o ângulo em radianos na frequência w . O uso da análise espectral com valores complexos tem a vantagem de computar a fase da transformação espectral de cada série proporcionando informações em relação aos atrasos das oscilações entre duas séries como função da frequência. A diferença de fase, portanto, mostra a posição relativa entre duas séries, indicando se as mesmas se movem conjuntamente ou se há alguma relação de liderança.

4. Resultados

4.1 Decomposição das séries temporais em tendências e ciclos de negócios

Conforme fora discutido na seção anterior, o método de *wavelet* é um instrumento efetivo para a análise de séries temporais não estacionárias, permitindo a decomposição destas a partir de mudanças de escala de intervalos limitados. Para realizar uma perfeita reconstrução dos sinais originais ($x(t)$), será utilizado a família *wavelet biorthogonal*, com função dimensionamento replicado por um polinômio de grau 5. Até a aproximação de nível 0 do filtro *wavelet* caracteriza-se como um filtro *lowpass*, a qual não permite a passagem de sinais com frequência inferior à 32 períodos. Os

níveis 0, 1 e 2 correspondem à filtros *bandpass* com aproximadamente 16–32, 8–16 e 4–8 períodos, respectivamente. Já o nível 3 corresponde à um filtro *highpass*, o qual captura sinais com banda de frequência inferiores à 4 períodos (ruídos de alta frequência). A representação do ciclo econômico do setor de Transformação pode ser observada na [Figura 1](#).

Posto isso, os componentes de baixa frequência — com periodicidade superior a 32 trimestres — evidenciam o comportamento de longo prazo das séries, sendo uma medida do componente permanente das mesmas. A [Figura 2](#) apresenta a evolução temporal das séries analisadas, bem como as suas respectivas tendências de longo prazo. Pode-se observar que as trajetórias temporais das séries são fortemente conectadas as suas tendências de longo prazo em grande parte do tempo, o que indica que as mesmas sejam predominantemente influenciadas pelos seus fundamentos econômicos.

Observa-se, porém, que o intervalo de maior volatilidade na Indústria de Transformação (intervalo entre o terceiro trimestre de 2007 até o quarto trimestre de 2013) deve-se em grande medida ao seu componente cíclico, uma vez que a tendência de longo prazo da série não acompanhou a acentuação do seu comportamento oscilatório. Por outro lado, entre o período de 2014 até o fim do período amostral, a tendência de longo prazo acompanhou a forte queda da produção do setor de

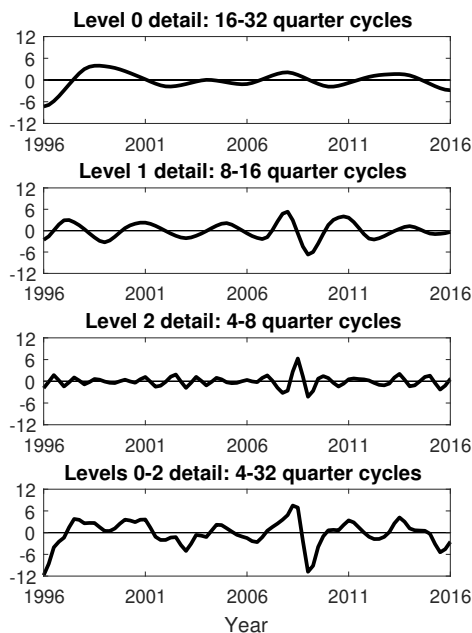


Figura 1. Representação Multiresolução *Wavelet* do Ciclo de Negócios – Setor de Transformação

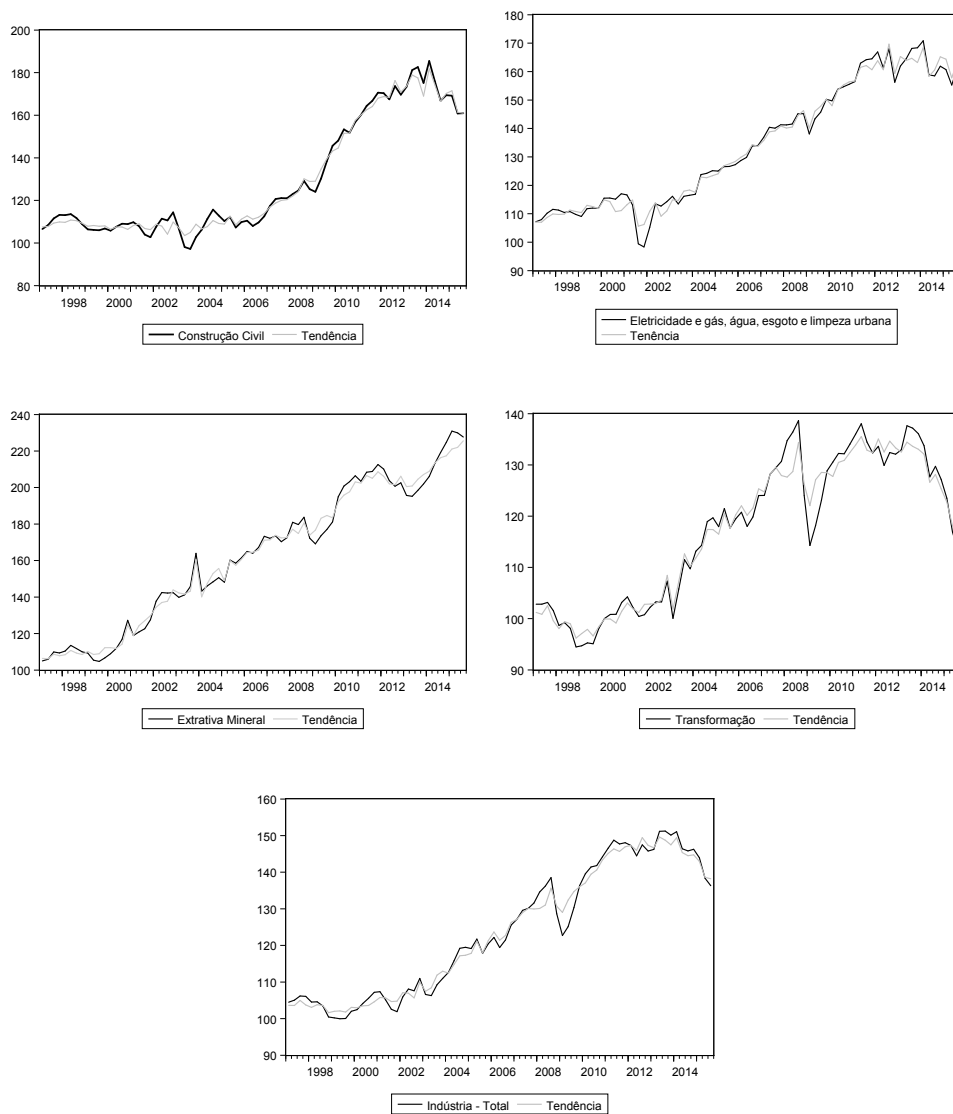


Figura 2. Trajetória temporal das séries originais e suas tendências estocásticas

transformação, indicando que a recessão desencadeada neste período ocorreu em função de mudanças estruturais em seus fundamentos econômicos e não em função dos choques aleatórios de curto prazo.

Com relação as demais séries, o setor Extrativa Mineral apresentou forte volatilidade a partir do primeiro trimestre de 2012, a [Figura 3](#) indica que esse movimento foi resultado de choques econômicos de curto prazo, visto a grande oscilação observada em seu ciclo de negócios.

Os ciclos de negócios da Indústria de Transformação e da Indústria Total apresentam um comportamento temporal próximo ao longo do intervalo temporal de análise, diferenciando-se entre si com relação a intensidade dos períodos de recessão e expansão econômica.

Dentre o período 2001.T1–2002.T2 houve uma forte recessão no ciclo do setor de Eletricidade e Gás, observando-se o valor mínimo para a série durante o período amostral. Observa-se também que o componente de tendência ([Figura 2](#)) sofreu uma forte depressão durante o período supracitado. Assim, conjecturamos que a crise energética observada a época foi associada a uma queda em sua base econômica — falta de investimentos no setor — aliada a um choque aleatório negativo de curto prazo — estiagem prolongada.

Com o objetivo de caracterizar os ciclos de negócios filtrados, a [Tabela 1](#) apresenta as estatísticas descritivas. Em termos absolutos, observamos que todos os ciclos apresentaram valores mínimos superiores aos seus respectivos valores máximos. Esse resultado encontra respaldo na literatura, na medida que as recessões são caracterizadas por profundas quebras na atividade econômica, enquanto períodos de expansão são caracterizados por movimentos graduais ([Perron & Wada, 2009](#)).

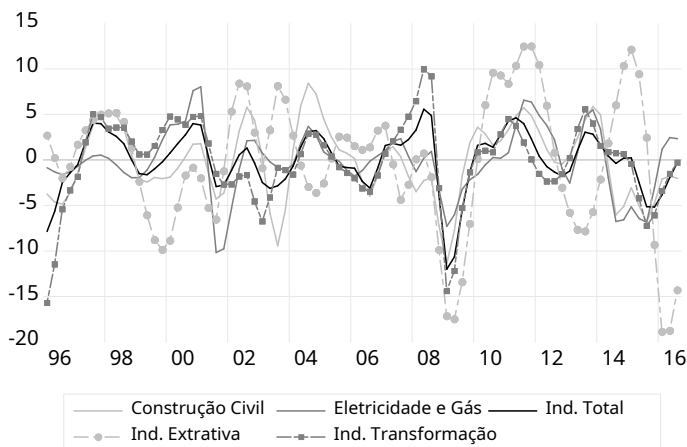


Figura 3. Ciclos de Negócios Subsetoriais

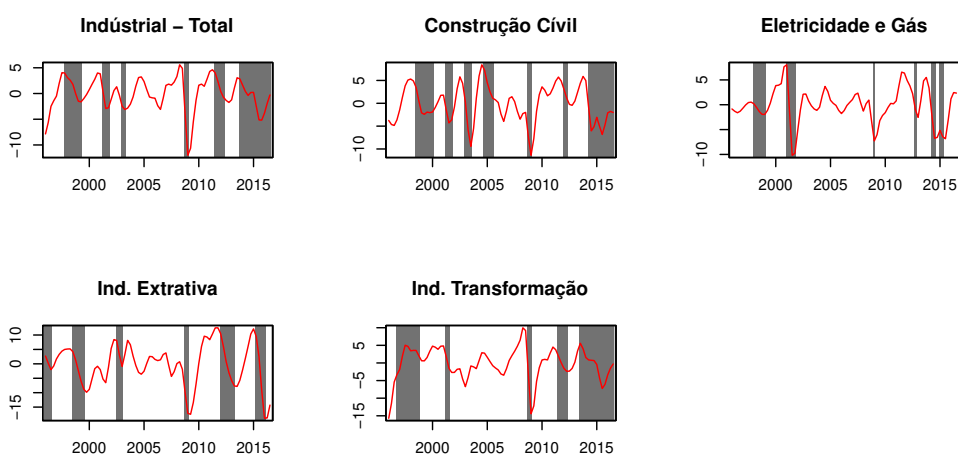
Tabela 1. Estatísticas descritivas dos ciclos de negócios

	Construção Civil	Eletricidade e Gás	Extrativa Mineral	Transformação	Indústria – Total
Média	-0,17368	-0,12033	-0,1889	-0,11318	-0,17076
Mediana	0,172435	-0,0388	0,218981	0,197833	0,593131
Máximo	8,429657	8,046641	12,50298	5,5866	9,976471
Mínimo	-11,3738	-10,1671	-18,8831	-12,0022	-15,705
Desvio Padrão	4,044145	3,564777	7,254709	3,249739	4,557263
Assimetria	-0,23995	-0,38822	-0,56843	-1,06252	-0,96595
Curtose	2,691092	3,655068	3,146156	4,962085	4,959403

Os ciclos também apresentam coeficientes de assimetria nas mesmas direções, diferindo entre si na intensidade. A exceção do ciclo de Construção Civil, todos os setores apresentaram uma distribuição de probabilidade mais achatada que a normal — leptocurtose.

4.2 Datação dos ciclos de negócios

Usando o algoritmo de [Harding e Pagan \(2002\)](#) identificou-se os períodos de recessão e expansão dos setores industriais do Brasil durante o período de 1996.T1–2016.T3. Para verificar a adequabilidade dos ciclos extraídos a partir da análise *Wavelet*, a [Figura 4](#) compara os períodos de expansões e recessões datados a partir das séries originais com o comportamento temporal dos ciclos de negócios filtrados para os quatro setores e a Indústria Total. As barras cinzas sinalizam os períodos de



Nota: As áreas sombreadas correspondem aos períodos de recessão datados via [Harding e Pagan \(2002\)](#).

Figura 4. Ciclos de negócios dos setores industriais e da indústria do Brasil e datações

(último período amostral). Em relação ao primeiro intervalo, a ocorrência das crises financeiras da Rússia e Ásia em alinhamento a adoção do regime cambial flutuante acentuaram as incertezas no mercado, causando uma grande volatilidade na taxa de juros e taxa de câmbio, explicando a forte retração na atividade de Construção Civil. No que tange ao segundo intervalo, o advento da crise econômica nacional reduziu a confiança dos agentes, diminuindo o poder aquisitivo das famílias e causando o aumento de restrições a concessão de crédito, implicando em uma queda significativa na atividade produtiva do setor.

A deterioração das condições de mercado afetou também o setor de Transformação, na medida em que houve uma redução do consumo de bens duráveis, contribuindo para a perda de dinamismo a partir de 2013.T2 (EPE, 2016). Outro período de forte contração no setor foi observado entre 1996.T3 e 1998.T4, dado a forte conexão com o setor externo, o período de fixação do câmbio em um nível valorizado e a presença de crises internacionais contribuíram para a recessão.

Por fim, é possível notar um elevado sincronismo entre os ciclos do setor de Transformação e da Indústria Total, uma vez que ambos possuem a mesma quantidade de períodos de recessão, com os seus respectivos picos e vales diferindo no máximo em dois trimestres.

A Tabela 3 contém informações relacionadas à persistência e severidade das flutuações econômicas ocorridas nos setores industriais e na Indústria Total durante o período de 1996.T1 a 2016.T3. Quanto ao tempo médio de duração dos ciclos, a assimetria verificada segue o padrão já observado na literatura, com duração média das fases de recessão sendo mais curtas do que os ciclos de expansão.

Tabela 3. Fatos estilizados dos ciclos de negócios

	Fase do Ciclo	Duração	Amplitude	Inclinação
Construção Civil	Expansão	7,0	14,89	2,87
	Recessão	3,5	8,5	2,43
Eletricidade e Gás	Expansão	11,0	9,23	1,87
	Recessão	2,5	9,9	3,96
Extrativa Mineral	Expansão	12,3	14,1	2,85
	Recessão	4,0	12,3	3,10
Transformação	Expansão	12,5	7,59	1,60
	Recessão	4,2	12,5	2,98
Indústria – Total	Expansão	9,6	9,7	1,70
	Recessão	3,6	7,3	2,03

De acordo com a [Tabela 3](#), os ciclos de Construção Civil, Extrativa Mineral e Indústria Total demonstraram assimetria no coeficiente de amplitude, com o crescimento observado nos quatro primeiros trimestres de expansão sendo superior, em termos absolutos, à queda ocorrida durante as fases de recessão. A relação é alterada nos demais casos, com as atividades crescendo menos no estágio inicial de expansão com respeito às quedas ocorridas nos períodos de recessão, em termos absolutos.

Por fim, com exceção do setor de Construção Civil, a taxa de inclinação confirma a hipótese de que os períodos de recessão tendem a ser mais severos, com destaque para os setores de Transformação e de Eletricidade e Gás, as quais apresentaram taxas de inclinação 86,5% e 117% superiores em períodos de recessão se comparado à períodos de expansão, respectivamente.

Em resumo, a partir dos coeficientes estimados para a duração média e taxa de inclinação das distintas fases cíclicas, conclui-se que os ciclos econômicos nos subsetores industriais apresentam os padrões documentados pela literatura especializada, com os ciclos de recessão sendo menos persistentes, porém mais intensos do que os ciclos de expansão.

4.3 Sincronização entre os ciclos de negócios

A [Tabela 4](#) indica que somente as correlações diretas do ciclo de Extrativa Mineral com os ciclos do setor de Transformação e de Eletricidade e Gás não foram estatisticamente significantes a um nível de 5% de significância. As demais relações apresentaram-se positivas e estatisticamente significantes, indicando um

Tabela 4. Correlação entre os ciclos da atividade industrial

	Construção Civil	Eletricidade e Gás	Extrativa Mineral	Transformação	Indústria – Total
Construção Civil	1 –				
Eletricidade e Gás	0,619709 (0,000)	1 –			
Extrativa Mineral	0,283465 (0,001)	0,058678 (0,5982)	1 –		
Transformação	0,509961 (0,000)	0,456953 (0,000)	0,171314 (0,1215)	1 –	
Indústria – Total	0,722604 (0,000)	0,583979 (0,000)	0,411147 (0,000)	0,912184 (0,000)	1 –

Nota: As estatísticas entre parênteses representam os p-valores.

alinhamento na resposta dos movimentos de curto prazo dos setores industriais frente à choques temporários.

O setor de Extrativa Mineral apresentou maior independência em suas flutuações temporais cíclicas em relação aos demais setores, com os níveis de correlação oscilando entre 0,059 e 0,411. Para os demais ciclos individuais os índices de correlação variaram entre 0,457 e 0,912, com o par ordenado Indústria Total e setor de Transformação apresentando o maior nível de comovimento.

Visto a similaridade do comportamento de curto prazo dos ciclos individuais observado pela análise de correlação, o teste de causalidade de Granger torna-se uma ferramenta útil para inferir sobre a possível presença de contágio entre os ciclos individuais, avaliando se um ou mais ciclos possuem capacidade preditiva sobre os demais. Segundo a [Tabela 5](#) o ciclo do setor de Eletricidade e Gás foi o único que apresentou capacidade preditiva, causando no sentido de Granger o ciclo da Construção Civil e não sendo previsto por nenhum dos ciclos individuais.

Tabela 5. Causalidade de Granger entre os Ciclos.

	Construção Civil	Eletricidade e Gás	Extrativa Mineral	Transformação	Indústria – Total
Construção Civil	–	0,6416	0,7741	0,8456	0,2746
Eletricidade e Gás	0,050*	–	0,1315	0,2718	0,7222
Extrativa Mineral	0,4138	0,1955	–	0,5825	0,5087
Transformação	0,1526	0,1972	0,987	–	0,4369
Indústria – Total	0,6993	0,4323	0,9961	0,7729	–

Nota: Teste de causalidade com 12 defasagens. Tabela reporta o p-valor do teste. * significância de 5%.

4.4 Análise da sincronização no domínio da frequência

Os resultados observados na [seção 4.3](#) sugerem:

- 1) Independência nos movimentos de curto prazo do ciclo do subsetor Extrativa Mineral;
- 2) Sincronização entre os ciclos das séries de Transformação e Indústria Total;
- 3) Presença de contágio do subsetor de Eletricidade e Gás sobre o comportamento de curto prazo do subsetor de Construção Civil.

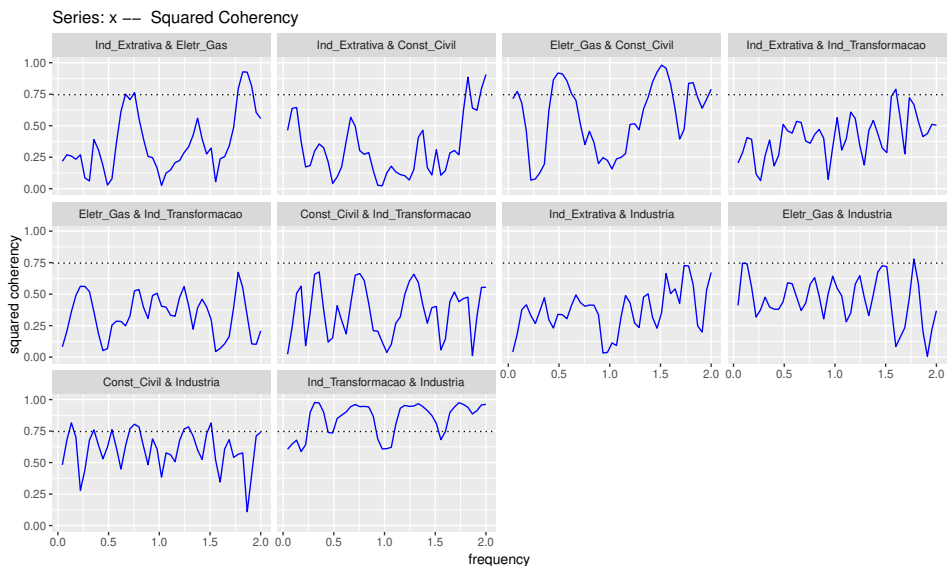
Ressalta-se, porém, que as técnicas de correlação e causalidade de Granger apresentam importantes limitações na análise dos comovimentos entre ciclos econômicos, uma vez que ambas são medidas estáticas, não contendo informações acerca da dinâmica das relações entre as séries temporais ([Engle & Kozicki, 1993](#)).

Visto tais limitações, nós utilizamos também técnicas de análise espectral para investigar o comportamento dos ciclos no domínio da frequência. A coerência

refere-se ao grau de influência em conjunto dos pares de ciclos em um dado nível de frequência w , sendo uma medida direta do quadrado da correlação das amplitudes nesta frequência. A coerência varia no intervalo entre um 0 e 1, onde o valor igual a 1 indica que duas séries são perfeitamente correlacionadas no domínio da frequência. Já a presença de contágio entre as variáveis será analisada por meio da diferença de fase. A diferença de fase é uma medida de espectro de fase entre dois ciclos na frequência w , se dois ciclos oscilam conjuntamente em uma dada frequência w , então sua diferença de fase é igual à zero.

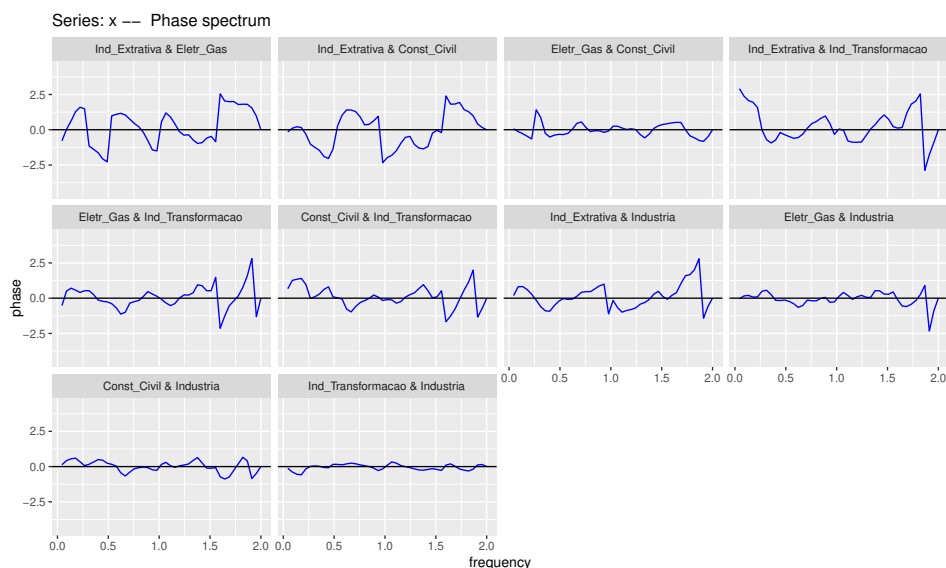
A existência de sincronização entre os ciclos econômicos é confirmada se a coerência for próxima da unidade e a diferença de fase oscilar em torno de zero ao longo de diferentes frequências. A [Figura 5](#) apresenta os resultados com respeito a análise de coerência do espectro, enquanto a [Figura 6](#) apresenta a diferença de fase de espectro. As frequências estão normalizadas, no eixo horizontal, onde a frequência igual a 2, corresponde ao período de um trimestre, o ponto 1 representa o período de dois trimestres, 0,5 indica os ciclos de quatro trimestres, e assim por diante.

Os resultados confirmam a hipótese de que a série Extrativa Mineral possui um grau de associação robustamente baixo com as demais variáveis, com o índice de coerência próximo de zero. No entanto destaca-se que o nível de coerência apresenta valores robustamente mais elevados para frequências de curtíssimo prazo (até dois trimestres). Conforme já abordado, dado a natureza produtiva das atividades do



Nota: A região sombreada representa o intervalo de confiança de 95% para os coeficientes estimados.

Figura 5. Coerência entre os espectros



Nota: A região sombreada representa o intervalo de confiança de 95% para os coeficientes estimados.

Figura 6. Diferença de fase dos espectros

setor, fortemente concentrado na produção de bens primários expostos ao ciclo de preços das commodities, contribui para uma baixa associação na dinâmica do mesmo em relação aos demais setores industriais.

Os resultados da coerência e diferença de fase entre os ciclos econômicos da Indústria de Transformação e Indústria Total confirmam a hipótese de sincronização. Observa-se que o índice de coerência foi próximo de 1 e a diferença de fase próxima de 0 em todas as frequências analisadas.

Com referência a associação entre a série de Eletricidade e Gás e o setor de Construção Civil, observou-se um nível de coerência estatisticamente superior a 0,75 somente para os ciclos com duração de aproximadamente dois trimestres. Já a diferença de fase do espectro oscilou próximo de 0 para todas as frequências, rejeitando, portanto, a hipótese de contágio entre as séries.

5. Considerações finais

Nossas evidências reforçam a importância do estudo desagregado em termos setoriais para uma melhor compreensão das flutuações nas atividades produtivas da indústria no Brasil. A natureza assimétrica das fases de expansão e de recessão em termos de duração e intensidade cíclica sugere a necessidade de um estudo mais aprofundado sobre a resposta dos setores industriais perante a choques agregados na economia.

Os apontamentos de baixa sincronização do ciclo do setor Extrativa Mineral em relação aos demais pares no domínio do tempo, e a natureza irregular da coerência entre os setores no domínio da frequência, dão consistência a hipótese de um efeito limitado de distúrbios agregados na explicação das flutuações cíclicas setoriais, conforme já discutido Long e Plosser (1983, 1987) no contexto da economia americana.

Outra evidência importante diz respeito a sincronização entre os ciclos dos setores de Eletricidade e Gás e de Construção Civil e o indicativo de contágio das inovações geradas no primeiro sobre a dinâmica temporal do segundo, hipótese a princípio rejeitada pela análise espectral. Long e Plosser (1983) destacam que mesmo se os choques de produtividade setoriais sejam independentes, ainda assim é possível ocorrer a propagação de distúrbios específicos em função do comportamento do agente representativo em modelos de crescimento neoclássicos. Assim, consideramos que um avanço natural na discussão seja a utilização de métricas variantes no tempo e na frequência para o cômputo da sincronização/contágio, a fim de avaliar a existência de canais de transmissão de choques setoriais específicos sobre o estado das demais atividades em distintas fases dos ciclos de negócios.

Referências bibliográficas

- Aguiar-Conraria, L., Azevedo, N., & Soares, M. J. (2008, 5). Using wavelets to decompose the time-frequency effects of monetary policy. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 387(12), 2863–2878. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2008.01.063>
- Benhmad, F. (2013, 6). Dynamic cyclical comovements between oil prices and US GDP: A wavelet perspective. *Energy Policy*, 57, 141–151. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.01.017>
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). SCNT – Sistema de Contas Nacionais Trimestrais. IBGE. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9300-contas-nacionais-trimestrais.html>
- Burns, A. F., & Mitchell, W. C. (1946). *Measuring business cycle*. NBER.
- Caporale, G. M. (1997). Sectoral shocks and business cycles: A disaggregated analysis of output fluctuations in the UK. *Applied Economics*, 29(11), 1477–1482. <http://dx.doi.org/10.1080/000368497326309>
- Ellery, R., Jr, Gomes, V., & Sachsida, A. (2002). Business cycle fluctuations in Brazil. *Revista Brasileira de Economia*, 56(2). <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71402002000200004>
- Engel, E. M. R. A. (1984). A unified approach to the study of sums, products, time-aggregation and other functions of ARMA processes. *Journal of Time Series Analysis*, 5(3), 159–171. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9892.1984.tb00384.x>
- Engle, R. F., & Kozicki, S. (1993, 10). Testing for common features. *Journal of Business & Economic Statistics*, 11, 369–380. <http://dx.doi.org/10.1080/07350015.1993.10509966>

- EPE – Empresa de Pesquisa Energética.** (2016). *Caracterização do cenário macroeconômico para os próximos 10 anos (2016–2025)* (Nota Técnica DEA N° 08/16). Ministério das Minas e Energia (MME/EPE).
- Harding, D., & Pagan, A.** (2002). Dissecting the cycle: A methodological investigation. *Journal of Monetary Economics*, 49(2), 365–381. [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3932\(01\)00108-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3932(01)00108-8)
- Issler, J. V., & Vahid, F.** (2001, 6). Common cycles and the importance of transitory shocks to macroeconomic aggregates. *Journal of Monetary Economics*, 47(3), 449–475. [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3932\(01\)00052-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3932(01)00052-6)
- Long, J. B., Jr, & Plosser, C. I.** (1983). Real business cycles. *Journal of Political Economy*, 91(1), 39–69. <http://dx.doi.org/10.1086/261128>
- Long, J. B., Jr, & Plosser, C. I.** (1987, May). Sectoral vs. aggregate shocks in the business cycle. *The American Economic Review*, 77(2), 333–336. <http://www.jstor.org/stable/1805474>
- Morais, I. A. C. d.** (2013). Ciclo e indicadores antecedentes na indústria do Rio Grande do Sul. *Nova Economia*, 23(1), 133–154. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-63512013000100005>
- Perron, P., & Wada, T.** (2009, 9). Let's take a break: Trends and cycles in US real GDP. *Journal of Monetary Economics*, 56(6), 749–765. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmoneco.2009.08.001>
- Portugal, M. S., & Morais, I. A. C. d.** (2008). Business cycle in the industrial production of Brazilian states. *Análise Econômica*, 50, 1–20. <http://dx.doi.org/10.22456/2176-5456.10907>
- Reyes, P. M., Gómez, J. M., & Balboa, W.** (2005). Ciclos económicos clásicos en la producción industrial de México. *Investigación Económica*, 64(254), 91–124. <https://www.jstor.org/stable/42779098>
- Rua, A.** (2012). Money growth and inflation in the Euro area: A time-frequency view. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 74(6), 875–885. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-0084.2011.00680.x>
- Silva, C. d. C. d., Trompieri, N., Neto, Castelar, I., & Silva, E. V. A. d.** (2020). Ciclos econômicos na atividade industrial brasileira: Uma análise no domínio do tempo e da frequência. *Nova Economia*, 30(2), 483–515. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6351/4711>
- Wang, P.** (2012). Business cycle phases and coherence: A spectral analysis of UK sectoral output. *The Manchester School*, 81(6), 1012–1026. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9957.2012.02304.x>
- Yogo, M.** (2008). Measuring business cycles: A wavelet analysis of economic time series. *Economics Letters*, 100(2), 208–212. <http://dx.doi.org/10.1016/j.econlet.2008.01.008>