



# Aplicação da técnica P/F de Brass em um contexto de rápida queda da fecundidade adolescente\*

José Alberto Magno de Carvalho\*\*  
Guilherme Quaresma Gonçalves\*\*\*  
Luciano Gonçalves de Castro e Silva\*\*\*\*

O Brasil experimentou, entre 2000 e 2010, pela primeira vez desde 1970, quando se introduziu o quesito sobre filhos nascidos vivos nos 12 meses anteriores à data de referência do censo, queda significativa (em torno de 30%) das taxas específicas de fecundidade declarada das mulheres entre 15 e 19 anos ( $f^*$ ). Esse fenômeno tem uma importante consequência para a aplicação da técnica P/F de Brass: gera um erro, por falta, na fecundidade corrente acumulada até o grupo etário de 20 a 24 anos ( $F_2$ ), se tomada como experiência progressa dessa coorte, levando a um valor de  $P_2/F_2$ , usado para ajustar o nível da fecundidade declarada, significativamente sobrestimado. O presente trabalho discute detalhadamente este problema e, por fim, propõe uma alternativa para se corrigir o erro de período de referência da fecundidade corrente do Censo Demográfico de 2010 do Brasil. A alternativa proposta, neste contexto específico, gerou estimativas de taxa de fecundidade total muito próximas às produzidas por outras técnicas.

**Palavras-Chave:** P/F de Brass. Queda da fecundidade. Fecundidade adolescente. Censo Demográfico.

\* Os autores agradecem aos comentários e sugestões de Bernardo Lanza Queiroz, Cássio Maldonado Turra e Laura Lúcia Rodríguez Wong. Também agradecem a Helena Castanheira, a primeira a chamar a atenção dos mesmos para os problemas de se aplicar a técnica de Brass no cenário de queda da fecundidade adolescente no Brasil entre 2000 e 2010.

\*\* Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte-MG, Brasil ([carvalho@cedeplar.ufmg.br](mailto:carvalho@cedeplar.ufmg.br); <https://orcid.org/0000-0002-2303-1892>).

\*\*\* Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte-MG, Brasil ([gui.quaresma89@gmail.com](mailto:gui.quaresma89@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-0507-9956>).

\*\*\*\* Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte-MG, Brasil ([lucianogcs@gmail.com](mailto:lucianogcs@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-8414-1075>).

## Introdução

Informação de boa qualidade sobre fecundidade seria o ideal para qualquer tipo de análise. Entretanto, nem sempre ela é disponível, por uma série de fatores contextuais. Uma das técnicas desenvolvidas por Brass teve como objetivo original a estimação das taxas específicas de fecundidade a partir de dados africanos de má qualidade, aplicável em outros países com dados deficientes (BRASS; COALE, 1968).

Trata-se de um procedimento utilizado para corrigir o erro de período de referência dos dados declarados de fecundidade corrente em censos ou pesquisas amostrais. Para a sua aplicação, são necessárias informações sobre a composição etária da população feminina em idade reprodutiva, o número de filhos nascidos vivos nos 12 meses anteriores à data de referência do censo (fecundidade corrente) e o número de filhos nascidos vivos até a data de referência do censo (fecundidade retrospectiva) (BRASS; COALE, 1968).

Fecundidade constante recente está entre as condições listadas por Brass para a utilização da técnica. Tal condição não é satisfeita no Brasil desde a década de 1960. Alguns autores têm chamado a atenção para o problema que o rompimento dessa condição pode causar, ao se estimarem as taxas específicas de fecundidade (TEFs) e a taxa de fecundidade total (TFT) por meio da técnica P/F de Brass (CARVALHO, 1982; CASTANHEIRA; KOHLER, 2016; FEENEY, 1996; MOULTRIE; DORRINGTON, 2008; SCHMERTMANN et al., 2013; UNITED NATIONS, 1983). Na realidade, como será mostrado neste trabalho, se usa a razão P/F do grupo etário feminino de 20 a 24 anos, para que ela seja o estimador do erro de período de referência, basta que a fecundidade no grupo etário de 15 a 19 anos, neste trabalho referida como fecundidade adolescente, tenha se mantido constante durante o quinquênio anterior à data de referência do censo.

Nesse caso, para a estimativa do erro de período de referência, são necessárias apenas informações sobre a fecundidade acumulada das mulheres de 20 a 24 anos (parturição média) e a fecundidade corrente daquelas de 15 a 19 e de 20 a 24 anos.<sup>1</sup> A parturição média de 20 a 24 anos ( $P_2$ ) é uma variável de coorte. O erro de período de referência é estimado por meio de  $P_2/F_2$ , sendo  $F_2$  a fecundidade corrente acumulada, calculada a partir de  $f_1^*$ , taxa específica de fecundidade declarada das mulheres de 15 a 19 anos, e de  $f_2^*$ , daquelas de 20 a 24 anos.

O objetivo do trabalho é, primeiramente, discutir a aplicação da técnica P/F de Brass num cenário de sensível queda da fecundidade adolescente, demonstrando as limitações para a sua aplicação e contribuindo para o debate.<sup>2</sup> Procura-se mostrar, empiricamente,

<sup>1</sup> Neste artigo, será sempre tomado o grupo etário feminino de 20 a 24 anos como referência para se estimar o erro de período de referência. Brass também admite o uso das informações no grupo etário de 25 a 29 anos. Diante dos objetivos do artigo, de analisar os efeitos da variação da fecundidade adolescente na estimativa do erro de período de referência, descarta-se, de princípio, o uso das informações no grupo etário de 25 a 29 anos, uma vez que, neste, os impactos negativos da variação na fecundidade adolescente, assim como da fecundidade no grupo de 20 a 24 anos, para se estimar o erro de período de referência, são significativamente maiores.

<sup>2</sup> No Brasil, observou-se entre 2000 e 2010, pela primeira vez, forte queda da fecundidade adolescente, aquela das mulheres entre 15 e 19 anos (BERQUÓ; CAVENAGHI, 2014), tendo este fenômeno motivado o primeiro tópico.

qual a implicação do significativo declínio da fecundidade adolescente brasileira na década passada, nas estimativas de fecundidade obtidas por meio da técnica P/F, tal como proposta por Brass. Ainda que a motivação inicial tenha sido a busca de uma alternativa, dentro do arcabouço geral da técnica P/F de Brass, para gerar estimativas robustas de nível da fecundidade no Brasil, concluiu-se pela necessidade de uma discussão mais geral sobre a aplicação da técnica em situações de mudança significativa da fecundidade adolescente, que certamente será útil em diferentes contextos de países em desenvolvimento, em relação à população agregada ou a subgrupos populacionais.

Castanheira e Kohler (2016, p. 4) têm uma posição firme contrária à aplicação da técnica P/F de Brass no atual contexto do cenário brasileiro: “But as we illustrate in the case of Brazil, this adjustment in the context of contemporary low fertility and rapid fertility postponement may ‘do more harm than good’ [...] we therefore suggest that the P/F method in official TFR statistics should be discontinued in this context”. Por outro lado, Cavenaghi e Alves (2016, p. 201) afirmam que “O valor correto da TFT em 2010, ou na média dos dois ou três anos anteriores, não pode ser motivo de disputa, visto que todos os dados e métodos disponíveis no momento apresentam algum tipo de problema”.

Neste artigo, tenta-se mostrar, por um lado, que a aplicação da lógica da técnica P/F de Brass, devidamente adequada ao rápido declínio da fecundidade adolescente, pode ainda gerar estimativas robustas. Por outro lado, fica evidente que, no caso brasileiro, sem a adequação necessária, a técnica gera estimativas sensivelmente superiores à realidade, o que afeta, por exemplo, significativamente, as projeções populacionais.

É importante enfatizar que, por usar dados censitários, a técnica de Brass permite gerar estimativas para subgrupos da população, em relação aos quais não há as informações necessárias para sua identificação, nos registros das estatísticas vitais oficiais. Daí sua enorme utilidade, mesmo quando a cobertura do registro de nascimentos for completa.

Embora o trabalho aqui proposto esteja focado na primeira década do século, 2000-2010, foram utilizadas também, como fonte de dados que consubstanciaram a alternativa apresentada, informações dos Censos Demográficos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010, das Pesquisas Nacionais por Amostra de Domicílios (PNADs) das décadas de 1990 e 2000, além dos registros de nascimentos do Sistema de Informação de Nascidos Vivos (Sinasc/Datasus), de 2009, 2010 e 2011. As análises que contemplaram as cinco macrorregiões do país envolveram a avaliação das estimativas a partir dos nascimentos do Sinasc, assim como as estimativas obtidas por meio da aplicação do modelo Relacional de Gompertz (MOULTRIE, 2013a; ZABA, 1981) e do modelo Relacional de Gompertz Sintético (MOULTRIE, 2013b).

## **A técnica P/F de Brass**

A técnica desenvolvida por Brass é utilizada para corrigir o erro de período de referência de dados de fecundidade corrente declarados em censos demográficos ou em pesquisas amostrais (BRASS; COALE, 1968). Outros tipos de erro na declaração da fecundidade

corrente são considerados, em geral, desprezíveis. De qualquer forma, se não houver seletividade em relação à idade das mães, esses outros erros também serão corrigidos pela técnica de Brass.

Para a aplicação da técnica, duas informações sobre a fecundidade são essenciais, por idade das mulheres: o número de filhos tidos nascidos vivos nos 12 meses anteriores à data de referência do censo ou *survey*; e o número total de filhos nascidos vivos até a mesma data. O número médio (por mulher) de filhos nascidos vivos nos 12 meses anteriores à data do censo corresponde à fecundidade corrente. O número médio (por mulher) do total de filhos tidos nascidos vivos até a data do censo refere-se à fecundidade acumulada ou retrospectiva dessas mulheres, sendo, portanto, uma variável de estoque de cada coorte (BRASS; COALE, 1968).

Por meio da técnica, comparam-se, por idade, taxas baseadas nas duas informações: a fecundidade retrospectiva e a fecundidade corrente acumulada. A média de nascidos vivos por mulher de uma determinada idade ou grupo etário  $i$ , durante toda a vida reprodutiva, corresponde à parturição média dessa coorte ( $P_i$ ). O número médio de nascidos vivos por mulher de uma determinada idade ou grupo etário  $i$ , durante os últimos 12 meses, corresponde à taxa específica de fecundidade corrente dessas mulheres ( $f_i$  ou  $TEF_i$ ). Ao multiplicá-la por cinco, se forem adotados grupos quinquenais de idade das mulheres dentro do período reprodutivo, tem-se o número médio de filhos que uma mulher teria no decorrer de cada intervalo etário. O acumulado deste produto nos diversos grupos etários representa o número médio de filhos nascidos vivos, até o limite superior do último grupo etário, de uma coorte hipotética de mulheres que experimentassem, ao longo do seu ciclo de vida, as TEFs correntes. A razão entre a parturição e a fecundidade corrente acumulada é dada, em cada idade, por  $P_i/F_i$ , onde:

$P_i$  = parturição média, por mulher, ou número médio do total de filhos tidos nascidos vivos das mulheres do grupo etário  $i$ , durante sua vida reprodutiva;

$F_i$  = fecundidade corrente acumulada, por mulher, até a idade  $i$ .

A técnica de estimação de Brass envolvia, em sua concepção original, alguns pressupostos e condições (BRASS; COALE, 1968; CARVALHO, 1982). Os pressupostos são: o erro de período de referência, na fecundidade corrente declarada, é não seletivo em relação à idade das mães, portanto, proporcionalmente constante em cada idade; e não há erro de memória na declaração da fecundidade acumulada das mulheres de 15 a 29 anos, presente, por falta, nos grupos etários subsequentes.<sup>3</sup> Dentre as condições, são apresentadas três: fecundidade constante ao longo do tempo; população fechada à migração ou que não haja diferencial de fecundidade entre as mulheres migrantes e não migrantes; e mortalidade

<sup>3</sup> Ainda que não relevante na discussão em pauta, há de se atentar para o fato de que, provavelmente, dado o baixíssimo nível de fecundidade do país, mesmo a partir dos 30 anos, o erro de memória seja cada vez menor, ou mesmo desprezível.

não seletiva quanto à fecundidade, de forma que, em cada idade, as mulheres que morrem tenham tido a mesma fecundidade daquelas que sobrevivem.<sup>4</sup>

O primeiro pressuposto implicará uma correção proporcionalmente constante do nível das TEFs calculadas a partir da fecundidade corrente declarada, após estimado o erro de período de referência, enquanto o segundo permitirá que se estime o erro de período de referência, por meio da comparação da parturição ( $P_i$ ) com a fecundidade corrente acumulada ( $F_i$ ), nos primeiros grupos etários do período reprodutivo. As três condições e o primeiro pressuposto garantirão, em qualquer que seja a coorte considerada, que a trajetória passada de fecundidade seja fielmente representada pela distribuição das verdadeiras taxas específicas de fecundidade corrente, isto é, aquelas declaradas, corrigido o erro de período de referência.

Se mantidas as condições ideais para aplicação da técnica P/F de Brass, haverá declínio da razão P/F ao longo dos grupos etários, consequência do erro crescente de memória, por falta, das mulheres mais velhas (BRASS; COALE, 1968). Por outro lado, a série P/F, em situação de queda generalizada e prolongada da fecundidade, tenderá a se tornar crescente. Haverá erro cada vez maior, por falta, em  $F_i$ , se tomado como representativo da experiência passada das mulheres de idade  $i$ , pois se estará subestimando a fecundidade, quando mais jovem, das mulheres correntemente mais velhas. Com o declínio sustentado da fecundidade, o erro, por falta, em  $F_i$ , como o indicador da fecundidade acumulada das mulheres de idade  $i$ , tenderá a suplantar o erro, também por falta, em  $P_i$ .

É importante que se defina qual  $P_i/F_i$  a ser utilizado para a correção do nível da curva de fecundidade corrente (taxas específicas de fecundidade declarada), isto é, do erro de período de referência. A informação sobre o total de filhos nascidos vivos das mulheres acima de 25 ou 30 anos, variável de estoque, tende a conter erro crescente, por falta, denominado erro de memória.<sup>5</sup> Ademais, quanto mais avançado o grupo quinquenal de idade dentro do período reprodutivo, escolhido para se estimar o erro de período de referência, maior será o impacto, na qualidade do estimador, da não exata observância das três condições ideais para a aplicação da técnica. Por sua vez, as mulheres de 15 a 19 anos têm, a cada ano, um número de filhos que pode apresentar significativas flutuações, além de outros problemas, como maior erro amostral, devido ao pequeno número de nascimentos, caso os dados não provenham do universo. Brass e Coale (1968) sugerem que se utilize,

<sup>4</sup> Na realidade, as condições relativas às migrações e à não seletividade da mortalidade não precisam ser tão rígidas como no princípio se acreditava. Se o erro de período de referência das mulheres migrantes e não migrantes for o mesmo, estimado por  $P_2/F_2$ , em uma população aberta, o efeito das migrações sobre o estimador dependerá dos diferenciais da função de fecundidade e do peso das migrações femininas apenas entre o início do período reprodutivo e a idade de 25 anos. O mesmo sucede quanto à seletividade da mortalidade das mulheres em relação à sua fecundidade.

<sup>5</sup> Apesar de referido como erro de memória, é provável que, em boa parte, esse erro se deva ao fato de que, quanto mais velha a mãe, maior é a probabilidade de que essa informação seja dada por terceiros, menos cientes do total de nascidos vivos, principalmente aqueles que faleceram logo após o nascimento.

geralmente, como fator de correção, o quociente entre a parturição e a fecundidade corrente acumulada do grupo etário entre 20 e 24 anos<sup>6</sup> ( $P_2/F_2$ ).

$P_2$  refere-se à parturição média das mulheres de 20 a 24 anos, portanto, é uma variável de coorte. O  $F_2$  é calculado da seguinte forma:  $(5)f_1^* + (k_2)f_2^*$ , sendo  $f_1^*$  e  $f_2^*$  as taxas específicas de fecundidade corrente declarada, das mulheres de 15 a 19 e de 20 a 24 anos, respectivamente, e  $k_2$  o fator multiplicador que permite acumular a fecundidade corrente entre 19,5 e 22,5 anos. O termo  $(k_2)f_2^*$  refere-se à experiência da coorte feminina de 20 a 24 anos, à qual corresponde, também, o  $P_2$ .<sup>7</sup> Só o termo  $(5)f_1^*$  não se refere à experiência da coorte em pauta, isto é, daquela de 20 a 24 anos na data de referência do censo ou pesquisa, mas sim daquela correntemente de 15 a 19 anos.  $P_2/F_2$  conterá erro, como estimativa do erro de período de referência, à medida que a TEF do grupo de mulheres de 15 a 19 anos, na data do censo (uma coorte mais jovem), divergir da TEF, cinco anos atrás, das mulheres do segundo grupo etário quinquenal na data do censo. Portanto, a fecundidade corrente acumulada,  $F_2$ , só não é a própria experiência da coorte em pauta (20 a 24 anos), descontado o erro de período de referência, devido ao termo  $(5)f_1^*$ , pois este foi tomado emprestado das jovens com 15 a 19 anos, na data do censo ou *survey*. Logo, ao se utilizar  $P_2/F_2$  como estimador para o erro de período de referência, seria necessário apenas que a fecundidade das mulheres entre 15 e 19 anos, na data de referência do censo, fosse igual àquela correspondente às mulheres do mesmo grupo etário, cinco anos antes.<sup>8</sup> Ou seja, somente a fecundidade adolescente deve ter permanecido constante e, assim mesmo, num curto período de tempo.

A discussão acerca da aplicação da técnica num cenário de queda generalizada da fecundidade não é novidade na literatura (CARVALHO, 1982; CASTANHEIRA; KOHLER, 2016; CAVENAGHI; ALVES, 2016; FEENEY, 1996; SCHMERTMANN et al., 2013; UNITED NATIONS, 1983). Entretanto, ao nosso juízo, o foco na variação da fecundidade adolescente deveria ser a questão-chave do debate.

<sup>6</sup> "As a rule, therefore, the P/F ratio for the age group 20-25 years will be used to adjust the level of reported current fertility rates unless there is evidence that the ratio at 20-25 is distorted or inconsistent with the trend of the values at later ages" (BRASS; COALE, 1968, p. 96).

<sup>7</sup> "Under certain assumptions the ratio  $P_2/F_2$  for the age group 20-24 years or  $P_3/F_3$  for 25-29 years is a factor which can be used to multiply the age specific fertility rates as an adjustment for the under-reporting or over-reporting of the current births" (BRASS, 1985, p. 69).

<sup>8</sup> Em vez da razão entre  $f_1$  e  $f_2$ , sugere-se utilizar a razão  $P_2/F_2$  para selecionar os fatores multiplicadores  $k$ , nos três primeiros grupos etários.  $k$  é um multiplicador que permite comparar P e F exatamente na mesma idade. Utilizar a parturição permite que se minimizem as influências das flutuações aleatórias e os erros amostrais, principalmente em  $f_1$ , que correspondem a um número rarefeito de eventos. Esta alternativa, proposta por um dos autores, recebeu aprovação do professor Willian Brass, que, inclusive, a usa na técnica de mortalidade infanto-juvenil. A tabela com os multiplicadores encontra-se no anexo deste trabalho.

<sup>8</sup> Se se toma  $P_3/F_3$  como estimador do erro de período de referência, a fecundidade adolescente teria que ter se mantido constante nos últimos dez anos, e a do grupo de 20 a 24 anos, nos últimos cinco anos.

## O P/F em situação de queda da fecundidade adolescente: o caso brasileiro

Brass (1985) afirma que a técnica P/F ainda produz boas estimativas, mesmo quando a fecundidade está declinando. Segundo Carvalho (1982), aplicar a técnica de Brass no início do processo de transição (queda) da fecundidade pode ainda gerar boas estimativas da função de fecundidade, pois a fecundidade entre 15 e 19 anos é pequena, *vis-à-vis* aquela entre 20 e 24 anos, e a queda, quando houver, se dá, geralmente, em proporções menores no início do ciclo reprodutivo, quando comparada com o declínio nos grupos mais velhos de mulheres.

No contexto brasileiro, como também em vários outros países da América Latina, de queda generalizada da fecundidade, concomitantemente com o aumento da fecundidade adolescente até 2000, gerou-se um erro, por excesso, em  $F_2$ , como estimativa da fecundidade acumulada das mulheres do segundo grupo quinquenal de idade. Assumir que, até 2000, as mulheres entre 20 e 24 anos tiveram a mesma taxa específica de fecundidade, cinco anos atrás, das mulheres de 15 a 19 anos do período resultou em um  $F_2$  sobrestimado, como experiência das mulheres do segundo grupo etário, e, conseqüentemente, num erro de subestimação do fator de correção  $P_2/F_2$ , mas esse erro seria pequeno dado o lento ritmo do aumento da fecundidade adolescente. O erro na TFT estimada pela técnica tradicional de Brass estaria ao redor de 2%, pressupondo-se uma variação linear da TEF adolescente durante o período intercensitário (1980 a 1991; 1991 a 2000) (MARQUES; CARVALHO, 2018).

Entre 1980 e 1991 e de 1991 a 2000, a TEF declarada do primeiro grupo aumentou, respectivamente, 11,68% e 9,38%, para o total do Brasil (Tabelas 1 e 2). Ao se tomar emprestado das mulheres de 15 a 19 anos, em 1991 e em 2000, as taxas específicas de fecundidade declarada, como se tivessem sido as taxas específicas de fecundidade das mulheres de 20 a 24 anos, cinco anos atrás, comete-se um erro, por excesso, em torno de 4,8%, em 1991, de 4,4%, em 2000, no termo  $(5)f_1^*$ , de  $F_2$ , como experiência pregressa delas. Como consequência, o erro, por falta, no quociente  $P_2/F_2$ , como estimador do erro de período de referência, seria de apenas cerca de 2%, tanto em 1991, quanto em 2000.

Foi no Censo Demográfico de 2010 que se identificou, pela primeira vez para o total do país, declínio da fecundidade corrente declarada das mulheres entre 15 e 19 anos, em torno de 30%, entre 2000 e 2010. Essa forte variação negativa do nível da fecundidade das adolescentes terá, como consequência, um erro significativo, por excesso, na estimativa do erro de período de referência ( $P_2/F_2$ ), se obtido por meio da técnica de Brass, da maneira tradicional, devido ao erro expressivo, por falta, no denominador.

É importante ressaltar que, para a aplicação da técnica, tão ou mais relevante do que a intensidade da queda da fecundidade adolescente no decênio é a identificação da trajetória percorrida. A título de exemplo, se toda a queda se deu no início da década, a fecundidade das adolescentes na data de referência do censo será igual àquela de cinco anos antes, não inviabilizando, assim, a aplicação da técnica, caso se adote  $P_2/F_2$  como estimador do

erro de período de referência, da maneira tradicional. Por outro lado, se todo o declínio ocorreu no final da década, a fecundidade adolescente pertinente, para ser introduzida em  $F_2$ , para que  $P_2/F_2$  seja um bom estimador do erro de período de referência, isto é, a fecundidade adolescente de cinco anos atrás, será a mesma que aquela, conhecida, do início do decênio.

Ao se analisar a série de  $P_2/F_2$ , para o Brasil e grandes regiões (Tabela 3 e Gráfico 1), percebe-se uma certa estabilidade em seu valor, entre 1980 e 2000, sugerindo não ter havido, no período, variação significativa no erro de período de referência, no total do país e em cada região. Entretanto, o forte aumento, entre 2000 e 2010, de  $P_2/F_2$  deveu-se, seguramente, ao significativo declínio da fecundidade adolescente e não, definitivamente, a um aumento do erro de período de referência.

As diferenças acentuadas entre as TEFs declaradas e entre as razões  $P_2/F_2$  de 1970 e 1980 (Tabelas 1 e 3) devem-se, em grande parte, à mudança do quesito sobre os nascimentos no último ano, implementada em 1980.<sup>9</sup> Algumas flutuações foram detectadas, entre 1980 e 2000, nos valores regionais de  $P_2/F_2$ , provavelmente mais relacionados a erros de amostragem do que a oscilações do erro de período de referência. Entretanto, o aumento entre 2000 e 2010 foi sistemático em todas as cinco regiões, o que é seguramente explicado, como apontado, pelo declínio expressivo da taxa específica de fecundidade das mulheres de 15 a 19 anos no período, provocando um expressivo aumento em  $P_2/F_2$ . O erro, por falta, em  $F_2$ , como estimativa da fecundidade acumulada das mulheres de 20 a 24 anos, teve, como consequência, um erro, por excesso, no quociente  $P_2/F_2$ , como estimador do erro de período de referência.

**TABELA 1**  
Taxas específicas de fecundidade declarada das mulheres de 15 a 19 anos  
Brasil e grandes regiões – 1970-2010

Regiões	1970	1980	1991	2000	2010
<b>Brasil</b>	<b>0,0468</b>	<b>0,0582</b>	<b>0,0650</b>	<b>0,0711</b>	<b>0,0497</b>
Norte	0,0634	0,0941	0,0996	0,1060	0,0767
Nordeste	0,0494	0,0630	0,0671	0,0792	0,0573
Sudeste	0,0378	0,0500	0,0552	0,0586	0,0392
Sul	0,0517	0,0541	0,0641	0,0634	0,0420
Centro-Oeste	0,0664	0,0736	0,0790	0,0789	0,0534

Fonte: IBGE. Censos Demográficos 1970-2010.

<sup>9</sup> Quando se passou a perguntar o mês e o ano de nascimento do último filho nascido vivo, em vez do número de nascidos vivos, nos últimos 12 meses anteriores à data de referência do censo.

**TABELA 2**  
**Varição das taxas específicas de fecundidade declarada das mulheres de 15 a 19 anos**  
**Brasil e grandes regiões – 1980-2010**

Regiões	Em porcentagem		
	$f^*_1 1991 / f^*_1 1980$	$f^*_1 2000 / f^*_1 1991$	$f^*_1 2010 / f^*_1 2000$
<b>Brasil</b>	<b>11,68</b>	<b>9,38</b>	<b>-30,10</b>
Norte	5,84	6,43	-27,64
Nordeste	6,51	18,03	-27,65
Sudeste	10,40	6,16	-33,11
Sul	18,48	-1,09	-33,75
Centro-Oeste	7,34	-0,13	-32,32

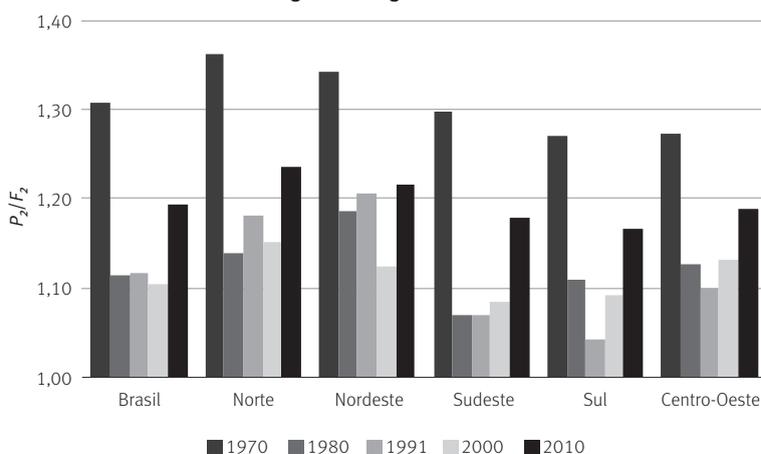
Fonte: IBGE. Censos Demográficos 1980-2010.

**TABELA 3**  
 **$P_2/F_2$  calculado segundo a técnica tradicional de Brass**  
**Brasil e grandes regiões – 1970-2010**

Regiões	1970	1980	1991	2000	2010
<b>Brasil</b>	<b>1,308</b>	<b>1,115</b>	<b>1,117</b>	<b>1,105</b>	<b>1,193</b>
Norte	1,362	1,139	1,180	1,151	1,236
Nordeste	1,343	1,186	1,207	1,125	1,215
Sudeste	1,298	1,069	1,069	1,084	1,179
Sul	1,270	1,110	1,042	1,091	1,167
Centro-Oeste	1,273	1,127	1,099	1,131	1,189

Fonte: IBGE. Censos Demográficos 1970-2010. Elaboração dos autores.

**GRÁFICO 1**  
 **$P_2/F_2$  calculado segundo a técnica tradicional de Brass**  
**Brasil e grandes regiões – 1970-2010**



Fonte: IBGE. Censos Demográficos 1970-2010. Elaboração dos autores.

Moultrie e Dorrington (2008) apresentaram um trabalho com simulações da quebra das condições para a aplicação da técnica P/F de Brass. Apesar de a variação das condições de mortalidade ser contemplada no artigo, devido à forte presença da Aids no continente

africano, o que interessa, para a discussão do caso aqui abordado, é a simulação da variação do nível e estrutura da fecundidade. Apesar do problema gerado pela variação da estrutura, os autores apontaram que a maior contribuição para erros na TFT, ao se utilizar a razão P/F, surge a partir de mudanças no nível da fecundidade. Entretanto, segundo os autores, apesar dessas limitações, sua utilização gera TFTs estimadas, aparentemente, mais precisas do que a obtida por meio de outras alternativas apresentadas. O erro gerado seria em torno de 5% na taxa de fecundidade total, quando a fecundidade está declinando, sendo que, em um cenário de aumento da fecundidade, e um tempo após ela atingir o seu pico, esse erro chegaria a 10%, aproximadamente (MOULTRIE; DORRINGTON, 2008). Entretanto, deve-se considerar que a queda da taxa específica de fecundidade das mulheres brasileiras de 15 a 19 anos, entre 2000 e 2010, foi muito forte (cerca de 30%) e, como se verá, a aplicação da técnica, da maneira tradicional, gerará um erro bem maior do que o previsto pelos autores.

### Dados e alternativa proposta

Neste trabalho foram utilizados os dados dos Censos Demográficos de 1970 a 2010, com foco no último censo, no qual o problema da estimação do erro de período de referência é mais agudo, devido à forte queda da fecundidade no grupo etário de 15 a 19 anos, na primeira década do século. Também foram empregados dados das Pesquisas Nacionais por Amostra de Domicílios (PNADs) das décadas de 1990 e 2000, bem como a média anual, entre 2009 e 2011, dos nascimentos registrados pelo Sistema de Informação sobre Nascidos Vivos (Sinasc), informação disponível no Datasus/MS.

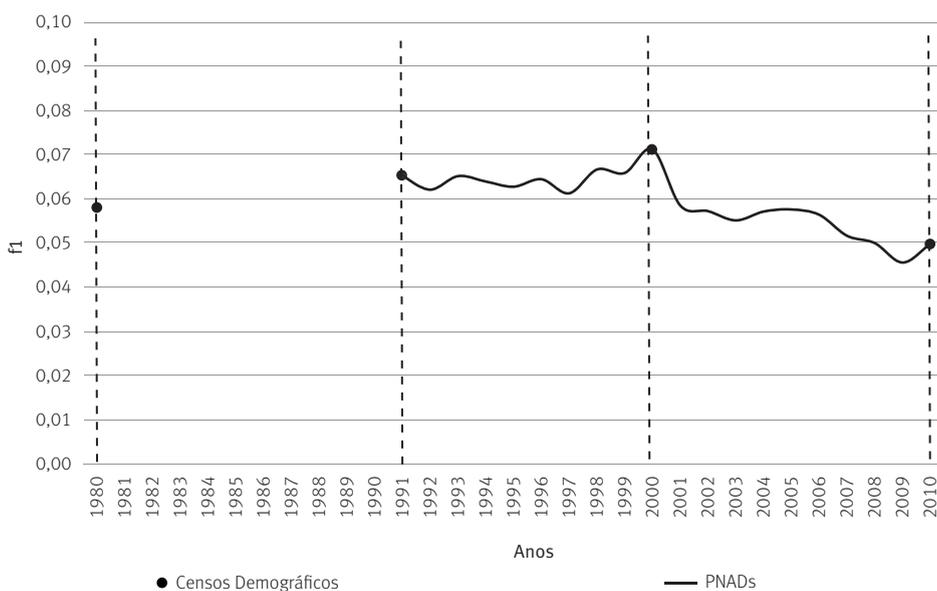
Como visto na seção anterior, a estimativa do erro de período de referência da forma tradicional, por meio do quociente  $P_2/F_2$ , com os dados de fecundidade do Censo Demográfico de 2010, conterà um erro significativo, por excesso, devido ao expressivo declínio da fecundidade adolescente durante a primeira década do século. Continua válido o pressuposto de que os dados de fecundidade corrente fornecem a forma verdadeira da função de fecundidade (distribuição das  $f_i^*$ ), pressuposto esse corroborado pelos resultados da aplicação da técnica de Brass, durante meio século, nos mais diferentes países, inclusive no Brasil.<sup>10</sup>

Se não se deve adotar a razão  $P_2/F_2$  oriunda dos dados censitários brasileiros de 2010, para corrigir o erro de período de referência, quais as alternativas para se obter uma boa estimativa da função de fecundidade do país, regiões e unidades da federação, a partir da função de fecundidade corrente declarada? O problema resume-se em uma única questão: obter uma boa estimativa do erro de período de referência, a ser usada para corrigir os dados de fecundidade corrente do Censo Demográfico brasileiro de 2010. Várias soluções foram tentadas.

<sup>10</sup> Veja, nos Gráficos 3 e 5, quão realista é esse pressuposto para o Brasil, regiões e unidades da federação, em 2010.

Uma primeira alternativa seria usar a  $f^*_1$  declarada da PNAD de 2005, ou a média das  $f^*_1$  das PNADs de 2004, 2005 e 2006, que corresponderia à experiência de fecundidade adolescente, no meio da década, das mulheres de 20 a 24 anos, em 2010. No entanto, por razões até o presente não identificadas, as  $f^*_1$  advindas dos dados censitários são sistematicamente superiores àquelas originadas das PNADs dos anos em torno dos censos<sup>11</sup> (Gráfico 2). A  $f^*_1$ , assim estimada e usada em  $F_2$ , levaria a um erro, por excesso, em  $P_2/F_2$ , se tomado para corrigir o erro de período de referência da fecundidade corrente declarada no Censo Demográfico de 2010.

GRÁFICO 2  
Taxas específicas de fecundidade declarada das mulheres de 15 a 19 anos  
Brasil – 1980-2010

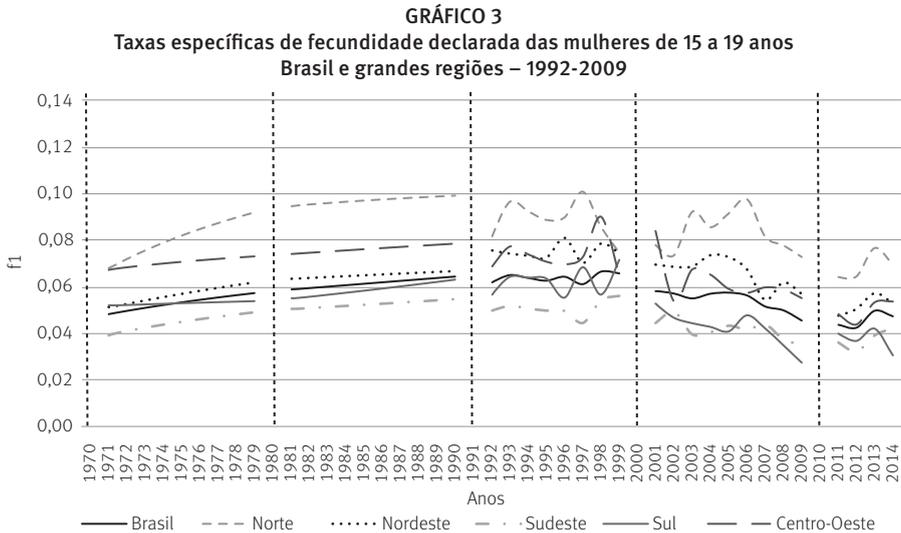


Fonte: IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 1992-2009; Censos Demográficos 1970-2010.

Uma outra alternativa seria obter a média das  $f^*_1$  dos Censos Demográficos de 2000 e 2010, a fim de se estimar a  $f^*_1$  referente a 2005, como aproximação da experiência de fecundidade que as mulheres de 20 a 24 anos em 2010 experimentaram em 2005, quando tinham entre 15 e 19 anos. Isso geraria uma fecundidade corrente acumulada ( $F_2$ ) mais próxima à experiência da coorte de 20 a 24 anos. Entretanto, o início e o ritmo da queda do nível da fecundidade nas diversas regiões do país não foram os mesmos (POTTER; SCHMERTMANN; CAVENAGHI, 2002), sendo isso verdadeiro, também, no que diz respeito à fecundidade adolescente. A partir da série de taxas específicas de fecundidade declarada

<sup>11</sup> Talvez, tal discrepância tenha por razão o fato de que os denominadores das taxas das PNADs sejam as populações projetadas pelo IBGE, enquanto os das taxas censitárias são as populações recenseadas.

das mulheres de 15 a 19 anos (Gráfico 3), nas diversas PNADs,<sup>12</sup> chega-se à mesma conclusão, apesar das grandes flutuações em cada região, devidas, certamente, aos erros amostrais, em função das pequenas frações amostrais das PNADs.



Fonte: IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 1992-2009.

No Norte e Nordeste, a queda da  $f_1^*$ , entre 2000 e 2010, aparentemente concentrou-se na segunda metade da década, enquanto no Sul e no Centro-Oeste, o declínio teria se dado desde o início da década. Portanto, adotar o mesmo critério para selecionar a  $f_1^*$  a ser acumulada em  $F_2$  (média simples das  $f_1^*$  dos Censos Demográficos de 2000 e 2010), em todas as regiões, não seria adequado.

Uma outra opção seria comparar os nascimentos declarados no Censo Demográfico de 2010 com as estatísticas vitais do Registro Civil ou do Sinasc. Dada a melhoria destas bases de dados, seja pela maior qualidade da coleta, seja pelo estímulo ao registro para o cadastro de políticas sociais (SZWARCOWALD et al., 2011), essa seria uma alternativa plausível, desde que acrescentados os registros tardios, no caso específico do Registro Civil. O quociente entre o total de nascimentos registrados e o total de nascimentos declarados no censo seria usado para corrigir o nível da fecundidade corrente declarada, isto é, para corrigir o erro de período de referência. Entretanto, dois problemas surgiram: a necessidade de se pressupor que a cobertura dos registros foi completa em todas as grandes regiões; e a necessidade de a cobertura populacional do Censo Demográfico de 2010 ter sido completa, ou que tenha havido o mesmo grau de cobertura no Censo Demográfico e no Registro Civil ou Sinasc. A razão entre o número de nascimentos do Sinasc ou do Registro Civil e aquele declarado no censo seria usada para corrigir o nível da fecundidade corrente declarada,

<sup>12</sup> As  $f_1^*$  dos anos censitários não foram apresentadas porque, por razões não identificadas até hoje, as taxas oriundas dos censos, quando comparadas com aquelas produzidas pelas PNADs, dos anos em torno dos recenseamentos, são sistematicamente superiores.

isto é, o tradicional erro de período de referência. Tais pressupostos não são realistas;<sup>13</sup> logo, esta opção foi descartada.

A última alternativa, finalmente adotada neste trabalho, usa, para corrigir o erro de período de referência dos dados de 2010, aquele estimado com os dados do Censo Demográfico de 2000. A estimativa do erro de período de referência, a partir dos dados de 2000, é menos afetada pela variação da  $f_i^*$  do que aquela a partir dos dados de 2010, devido à significativa menor variação de  $f_i^*$  nos anos 1990. Na realidade, o  $P_2/F_2$  usado para corrigir os dados de 2000 contém um erro por falta, ainda que pequeno (MARQUES; CARVALHO, 2018), pois a fecundidade adolescente ainda estava crescendo no país como um todo e na maioria das regiões (Tabela 2). Assumiu-se que o erro de período de referência nos dados de fecundidade corrente do país, regiões e unidades da federação, em 2010, fosse igual ao estimado em 2000.

A alternativa proposta é robusta por dois motivos principais: a relativa estabilidade de  $P_2/F_2$  no Brasil e grandes regiões, entre 1980 e 2000, como visto anteriormente; e, apesar da forte expansão da educação nesse período (FAUSTINO, 2017), o erro de período de referência é mais relacionado a questões culturais (BRASS; COALE, 1968), que não mudam profundamente em apenas uma década. Inclusive, essa característica ajuda a explicar porque na África se sobre-estimam os nascimentos nos últimos 12 meses, enquanto na América Latina há uma clara tendência de subdeclaração. Pode-se supor que a significativa expansão do ensino superior, entre 2000 e 2010, não tenha afetado, substancialmente, o erro de período de referência dos dados de fecundidade corrente.

## Resultados

### *Brasil e regiões*

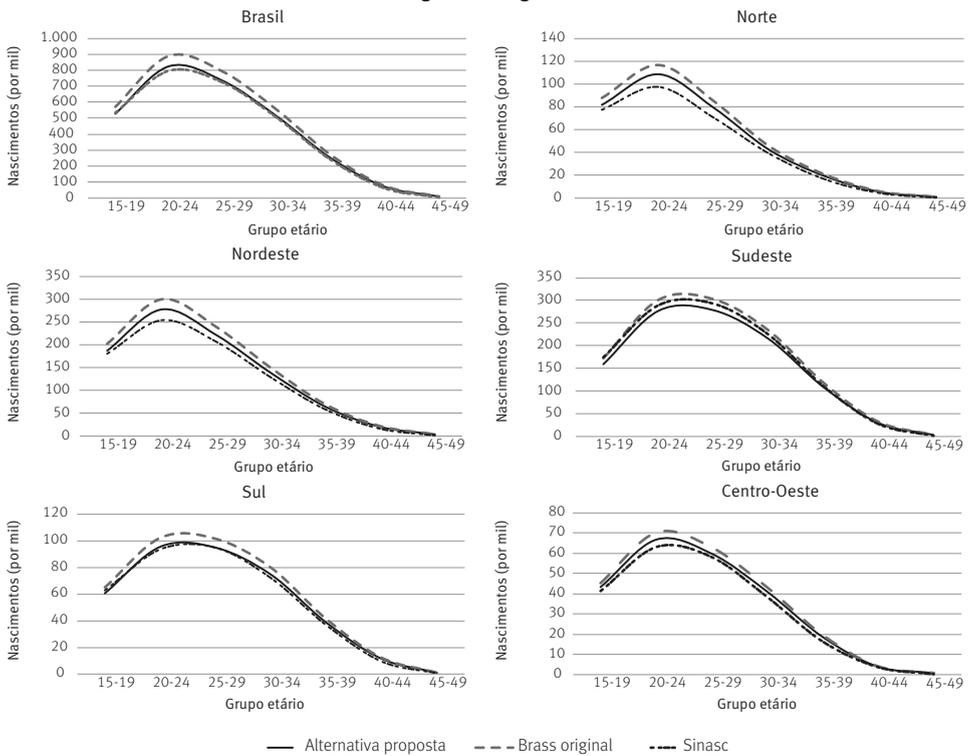
O Gráfico 4 traz o número de nascimentos, no Brasil e grandes regiões, calculado de duas formas: a partir da função de fecundidade estimada pela técnica P/F original, como proposta por Brass e Coale (1968); e a partir da função de fecundidade alternativa, apresentada na seção anterior. Esses números, representados pelas curvas, são o produto das taxas específicas de fecundidade estimadas pelo número de mulheres em idade reprodutiva, enumeradas no Censo Demográfico de 2010. Apresenta-se, também, a curva com a média anual dos nascimentos de 2009, 2010 e 2011, registrados no Sinasc. Estes dados vêm mostrando qualidade cada vez maior, principalmente no que se refere à cobertura dos eventos (SZWARCOWALD et al., 2011). Apesar da existência de um provável sub-registro, especialmente nas regiões Norte e Nordeste, fornecem uma boa referência.<sup>14</sup>

<sup>13</sup> No final deste artigo (Gráfico 5), são apresentados dados da média anual dos nascimentos registrados no período e de nascimentos declarados no Censo de 2010, que mostram, claramente, a divergência nos graus de cobertura em algumas unidades da federação.

<sup>14</sup> Esta análise é feita a partir do número de nascimentos, e não das TEFs, devido ao problema da escolha do denominador das TEFs a serem geradas pelos dados do Sinasc. Se adotada a população feminina do Censo de 2010, há a subcobertura censitária, seguramente maior do que o nível de sub-registro dos nascimentos.

Cabem aqui duas observações. A primeira é que o número de nascimentos estimados contém, seguramente, erro por falta, devido à subenumeração censitária, problema este presente em qualquer pesquisa desta natureza. O mesmo não acontece com as TEFs estimadas, se não houver seletividade, quanto à fecundidade, das mulheres em idade reprodutiva não enumeradas no censo. A segunda refere-se ao fato de que, em um contexto de variação da fecundidade, a TFT estimada não corresponde ao ano censitário, mas sim a algum ponto no quinquênio 2005-2010, pois ele é definido por  $P_2$ , que se relaciona à experiência acumulada das mulheres de 20 a 24 anos, até 2010. Esse nível pode ser alocado no meio do quinquênio.

**GRÁFICO 4**  
**Nascimentos estimados pela técnica P/F de Brass, com e sem o ajuste proposto, e nascimentos registrados (1), por idade das mães**  
**Brasil e grandes regiões – 2010**



Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010 e Estatísticas do Registro Civil; MS/SVS/Dasis. Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos – Sinasc.

(1) Média anual dos nascimentos registrados de 2009, 2010 e 2011.

O nível das curvas do número de nascimentos estimado a partir das TEFs obtidas pela técnica tradicional de Brass é sempre superior aos dados do Sinasc, em 2010, embora a população feminina censitária, obviamente com subcobertura, que gerou o número de nascimentos, seja menor do que aquela que originou os dados do Sinasc, a verdadeira população. Esse é um indício sólido do erro, por excesso, no nível da estimativa da função

de fecundidade, obtida por meio da aplicação direta da técnica P/F de Brass aos dados do Censo Demográfico de 2010. O número de nascimentos, obtido a partir da proposta deste trabalho, apresenta resultados, *a priori*, mais consistentes, pelo fato de se utilizar, em princípio, um fator de correção livre do efeito da forte queda da fecundidade adolescente ocorrida no país entre 2000 e 2010.

Para o total do país, há uma surpreendente aproximação entre as curvas de nascimentos, a partir do Sinasc e da alternativa proposta, em relação tanto às estruturas quanto ao nível (Gráfico 4). Provavelmente, a diferença de nível seria maior, em favor da estimativa a partir da alternativa, devido à subenumeração do Censo Demográfico de 2010 (RIGOTTI, 2016). Por outro lado, o nível da curva gerada pela alternativa refere-se, aproximadamente, à fecundidade média do quinquênio 2005-2010, não ao ano de 2010. Portanto, sobre-estima, provavelmente, ainda que levemente, o nível da fecundidade em 2010.

Quanto às cinco macrorregiões, as formas das curvas da distribuição dos nascimentos continuam bastante semelhantes, divergindo, no entanto, ainda que não muito, quanto ao nível, com exceção do Sul. Além do problema da alocação temporal das curvas do número de nascimentos estimados pela técnica P/F, como já mencionado, duas hipóteses podem ser levantadas para explicar os diferenciais de níveis:

- o maior número de nascimentos estimados no Norte, Nordeste e Centro-Oeste seria, em boa parte, devido ao maior sub-registro, no Sinasc, nessas três regiões (CAVENAGHI; ALVES, 2016), o que teria mais do que compensado o pequeno erro, por excesso, das estimativas produzidas pela técnica, por não se referirem exatamente ao ano de 2010;
- o menor número de nascimentos estimados para o Sudeste seria devido, principalmente, à subenumeração censitária nessa região. Há indícios de que, surpreendentemente, tenha havido, em 2010, no Sudeste, problemas sérios de cobertura censitária, principalmente nos estados de São Paulo (RIGOTTI, 2016) e Rio de Janeiro.

A Tabela 4 apresenta as TFTs estimadas por meio da técnica P/F de Brass, da alternativa aqui proposta e do modelo relacional de Gompertz. Os fatores utilizados, em 2010, para a correção do erro de período de referência, pela técnica original de Brass, seguramente superestimam as TEFs do final da primeira década do século. Conseqüentemente, as TFTs estão sobre-estimadas (Tabela 4) e, portanto, o nível da fecundidade no Brasil no quinquênio 2005-2010 foi menor do que aquele estimado pela técnica P/F de Brass, aplicada da maneira tradicional. A menor sobre-estimação da TFT seria aquela das regiões Centro-Oeste (4,9%) e Sul (6,5%).

Provavelmente, a queda da fecundidade adolescente, nas regiões Centro-Oeste e Sul, ocorreu durante toda a década,<sup>15</sup> como pode ser inferido a partir das  $f^*_i$  dos Censos Demográficos de 1991 e 2000 (Tabela 1), assim como no Gráfico 3, pela tendência das PNADs. Isso significa que a  $f^*_i$  de coorte (mulheres de 20 a 24 anos, em 2010) seria mais

<sup>15</sup> Os dados da Tabela 2, ao comparar o  $f^{*2000}_i$  com o  $f^{*1991}_i$ , corroboram essa assertiva, em relação ao Centro-Oeste e ao Sul.

próxima da  $f^*_t$  declarada no Censo Demográfico de 2010, gerando um menor erro ao se aplicar a técnica original. Vale destacar que a TFT para o Brasil (1,76), estimada pela alternativa aqui proposta, referente, aproximadamente, à média do quinquênio 2005-2010, é igual à calculada com os dados do Sinasc e àquela estimada por Castanheira e Kohler (2016),<sup>16</sup> referentes a 2010. Ao se utilizar a técnica tradicional, ter-se-ia uma sobre-estimação de aproximadamente 7,5% do nível da fecundidade do país, no final da década.

**TABELA 4**  
TFTs estimadas segundo a técnica tradicional de Brass, a alternativa proposta e o modelo relacional de Gompertz  
Brasil e grandes regiões – 2005-2010

Regiões	A	B	B/A	Gompertz (≈ 2010)	Gompertz sintético (2000-2010)
	Brass original (2005-2010)	Alternativa proposta (2005-2010)	Variação (%)		
<b>Brasil</b>	<b>1,9051</b>	<b>1,7635</b>	<b>-7,43%</b>	<b>1,7408</b>	<b>1,8975</b>
Norte	2,4783	2,3073	-6,90%	2,2363	2,4480
Nordeste	2,0670	1,9135	-7,43%	1,9320	2,1605
Sudeste	1,7039	1,5671	-8,03%	1,5736	1,6701
Sul	1,7823	1,6658	-6,54%	1,6517	1,7419
Centro-Oeste	1,9287	1,8335	-4,93%	1,7925	1,8981

Fonte: IBGE. Censos Demográficos 2000 e 2010. Elaboração dos autores.

Também foram aplicados, aos dados do Censo Demográfico de 2010, o modelo relacional de Gompertz (MOULTRIE, 2013a; ZABA, 1981), cuja data de referência situa-se em torno da data de referência do censo, e o modelo relacional de Gompertz sintético (MOULTRIE, 2013b), técnica que gera uma TFT média para o decênio 2000-2010. Ambas as técnicas partem de pressupostos diferentes daqueles estabelecidos no P/F de Brass, sendo que, nas duas, prevê-se certa estabilidade da fecundidade em anos recentes ao censo, o que não implica fecundidade constante. Por isso, na estimação do nível da fecundidade, parte-se das parturições dos grupos mais jovens, em que a estabilidade seria maior e a seletividade da mortalidade quanto à fecundidade seria menor (MOULTRIE, 2013a, 2013b; ZABA, 1981).

As estimativas geradas ao se utilizar  $P_2/F_2$  de 2000, como fator de correção, referentes ao quinquênio 2005-2010, ficaram próximas às do modelo relacional de Gompertz (Tabela 4): 1,76 contra 1,74, aproximadamente. Por sua vez, as TFTs a partir do Gompertz sintético foram maiores e condizentes com sua alocação temporal, já que, nesta técnica, a TFT corresponde ao valor médio do decênio 2000-2010. Para o Brasil, o valor estimado foi de, aproximadamente, 1,90 filho por mulher.

<sup>16</sup> A TFT foi estimada a partir do ajuste dos nascimentos do Sinasc (CASTANHEIRA; KOHLER, 2016).

*Estimativas para seis unidades da federação*

A fim de avaliar a proposta aqui apresentada, tratou-se, da mesma maneira que para o Brasil e grandes regiões, o erro de período de referência nos estados, em 2010. Portanto, aplicou-se o erro de período de referência estimado, em 2000, a cada um dos estados, para a estimação da TFT do quinquênio 2005-2010. Entretanto, uma segunda alternativa pode ser utilizada. O primeiro passo consiste em calcular, em cada região, a estimativa de  $f_1^*$ , que corresponde à fecundidade adolescente, em 2005.

Ao se assumir que, no país e na macrorregião, o erro de período de referência era o mesmo em 2000 e 2010, aceitou-se como verdadeiro aquele estimado por  $P_2/F_2$  de 2000, e não o de 2010, devido ao problema na  $F_2$  de 2010, causado pela  $f_1^*$  desse ano. Pode-se, então, calcular, para cada região, qual deveria ser a  $f_1^*$ , em 2010, que levaria a um valor  $P_2/F_2$  igual àquele de 2000. Essa  $f_1^*$  corresponderia à experiência das mulheres de 20 a 24 anos, em 2010, cinco anos antes, isto é, em 2005, quando tinham de 15 a 19 anos ( $f_1^{*2005}$ ).

Pressupôs-se, então, que, em cada estado do Brasil, a  $f_1^{*2005}$  seja a mesma combinação linear de  $f_1^{*2000}$  e  $f_1^{*2010}$ , “observada” na região a que pertence.

$$\frac{P_2^{2010}}{F_2^{*2010}} = \frac{P_2^{2000}}{F_2^{2000}} = \lambda$$

$$\lambda = \frac{P_2^{2010}}{(5 \cdot f_1^{*2005} + k_2 \cdot f_2^{*2010})}$$

$$\frac{P_2^{2010}}{\lambda} = (5 \cdot f_1^{*2005} + k_2 \cdot f_2^{*2010})$$

$$5 \cdot f_1^{*2005} = \frac{P_2^{2010}}{\lambda} - k_2 \cdot f_2^{*2010}$$

$$f_1^{*2005} = \frac{\left( \frac{P_2^{2010}}{\lambda} - k_2 \cdot f_2^{*2010} \right)}{5} \tag{1}$$

Onde:

$P_2^{2000}$  = parturição média declarada das mulheres de 20 a 24 anos, em 2000;

$P_2^{2010}$  = parturição média declarada das mulheres de 20 a 24 anos, em 2010;

$F_2^{2000}$  = fecundidade corrente acumulada das mulheres de 20 a 24 anos, em 2000, estimada segundo a técnica tradicional de Brass;

$F_2^{*2010}$  = fecundidade corrente acumulada estimada das mulheres de 20 a 24 anos, em 2010, usando como  $f_1^*$  sua taxa específica de fecundidade estimada, de cinco anos atrás;

$\lambda$  = (1 + erro de período de referência) estimado em 2000;

$f_1^{*2005}$  = taxa específica de fecundidade corrente estimada das mulheres entre 20 e 24 anos, cinco anos atrás;

$k_2$  = fator multiplicador para se estimar a fecundidade corrente acumulada entre 19,5 e 24,5 anos de idade, obtido a partir de  $P_2/F_2$ ;

$f_2^{*2010}$  = taxa específica de fecundidade corrente declarada, das mulheres de 20 a 24 anos, em 2010.

O valor estimado de  $f_1^{*2005}$ , na equação (1), é uma combinação linear dos valores conhecidos de  $f_1^*$ , em 2000 e 2010. Esse valor de  $f_1^{*2005}$  é a estimativa da taxa específica de fecundidade das mulheres de 20 a 24 anos, quando tinham entre 15 e 19 anos, em 2005, caso correto o pressuposto de que o erro de período de referência, em 2010, seja igual ao erro de período de referência estimado, em 2000. Os pesos distintos da combinação, no país e em cada região, são dados por  $\alpha$  e  $\beta$ , a partir do sistema de equações com duas variáveis, abaixo:

$$\begin{cases} f_1^{*2005} = \alpha * f_1^{*2000} + \beta * f_1^{*2010} \\ \alpha + \beta = 1 \end{cases} \quad (2)$$

Em resumo, para se estimar o erro de período de referência das unidades da federação, em 2010, apresentam-se duas alternativas: adotar, no ajuste das TEFs declaradas em 2010, a razão  $P_2/F_2$  de 2000 da mesma unidade da federação; ou aplicar o mecanismo tradicional da técnica P/F, no entanto, substituindo a  $f_1^*$  de 2010 pela  $f_1^*$  estimada de 2005, segundo os pesos  $\alpha$  e  $\beta$  estimados para a macrorregião à qual pertence a unidade da federação. Em princípio, deve-se utilizar  $P_2/F_2$  das UFs de 2000, em 2010. Entretanto, em estados com pequeno número de mulheres em idade reprodutiva, em que os erros de amostragem podem ser expressivos, poder-se-ia adotar os valores de  $\alpha$  e  $\beta$  da região.<sup>17</sup>

A Tabela 5 apresenta, para o Brasil e grandes regiões, os valores de  $P_2/F_2$  adotados em 2010 (aqueles estimados com os dados censitários de 2000), assim como os consequentes pesos relativos a  $\alpha$  e  $\beta$  para se estimar a  $f_1^*$  em 2005, a partir das  $f_1^*$  declaradas em 2000 e 2010, respectivamente.

**TABELA 5**  
*P<sub>2</sub>/F<sub>2</sub> reestimado e pesos  $\alpha$  e  $\beta$*   
**Brasil e grandes regiões – 2010**

Regiões	<i>P<sub>2</sub>/F<sub>2</sub> reestimado (2010)</i>	Peso $\alpha$ (na $f_1^*$ de 2000)	Peso $\beta$ (na $f_1^*$ de 2010)
<b>Brasil</b>	<b>1,1046</b>	<b>0,3724</b>	<b>0,6276</b>
Norte	1,1510	0,3719	0,6281
Nordeste	1,1245	0,4116	0,5884
Sudeste	1,0843	0,3624	0,6376
Sul	1,0910	0,2771	0,7229
Centro-Oeste	1,1307	0,2145	0,7855

Fonte: IBGE. Censos Demográficos 2000 e 2010. Elaboração dos autores.

<sup>17</sup> Para outros subgrupos populacionais, há de se analisar, com cuidado, a evolução da  $f_1^*$  entre 2000 e 2010, para se adotar o procedimento mais adequado.

O Gráfico 5 traz, para seis estados brasileiros, o número de nascidos vivos registrados pelo Sinasc (média anual do triênio 2009-2011) e aqueles estimados por meio da técnica P/F tradicional de Brass, da alternativa proposta e dos  $a$  e  $\beta$  estimados da região na qual se insere a unidade da federação. São três estados do Sudeste (SP, RJ e MG), um do Sul (RS), um do Centro-Oeste (GO) e um do Nordeste (BA).<sup>18</sup> São apresentados três estados do Sudeste porque há, surpreendentemente, indícios robustos de problemas de cobertura censitária nos estados da importância de São Paulo e Rio de Janeiro.

O fato de, em cada uma das seis unidades da federação, os níveis das distribuições do número de nascimentos produzidos tanto pela alternativa proposta quanto por meio do  $a$  e  $\beta$  da respectiva região serem bem semelhantes nada diz sobre a precisão das estimativas, mas apenas que, nesses estados, o comportamento de  $f_1^*$ , durante a década passada (não o nível), esteve próximo daquele da respectiva região. Há de se atentar para o fato de que, entre as grandes regiões, o comportamento foi bem diferenciado, haja vista os valores de  $a$  e  $\beta$  da Tabela 5.

Em todos os estados apresentados, com exceção de Goiás, a distribuição do número de nascimentos gerado diretamente pela técnica original de Brass é sensivelmente superior àquela advinda da alternativa proposta neste trabalho. Isso deve-se ao problema do significativo declínio da fecundidade adolescente ( $f_1^*$ ) durante a década, razão de ser deste trabalho e da proposta do procedimento alternativo.

O caso de Goiás é intrigante. No entanto, a distribuição da  $f_1^*$  desse estado, durante a década passada, proveniente das PNADs, apesar das flutuações normais, devido aos erros amostrais, indicaria declínio muito pequeno entre 2005 e 2010, contrariamente ao ocorrido nos estados das outras regiões. Como consequência, o aumento de  $P_2/F_2$  de Goiás, entre 2000 e 2010, quando estimado pelo procedimento tradicional, foi muito pequeno, ao contrário dos demais estados (Tabela 6).

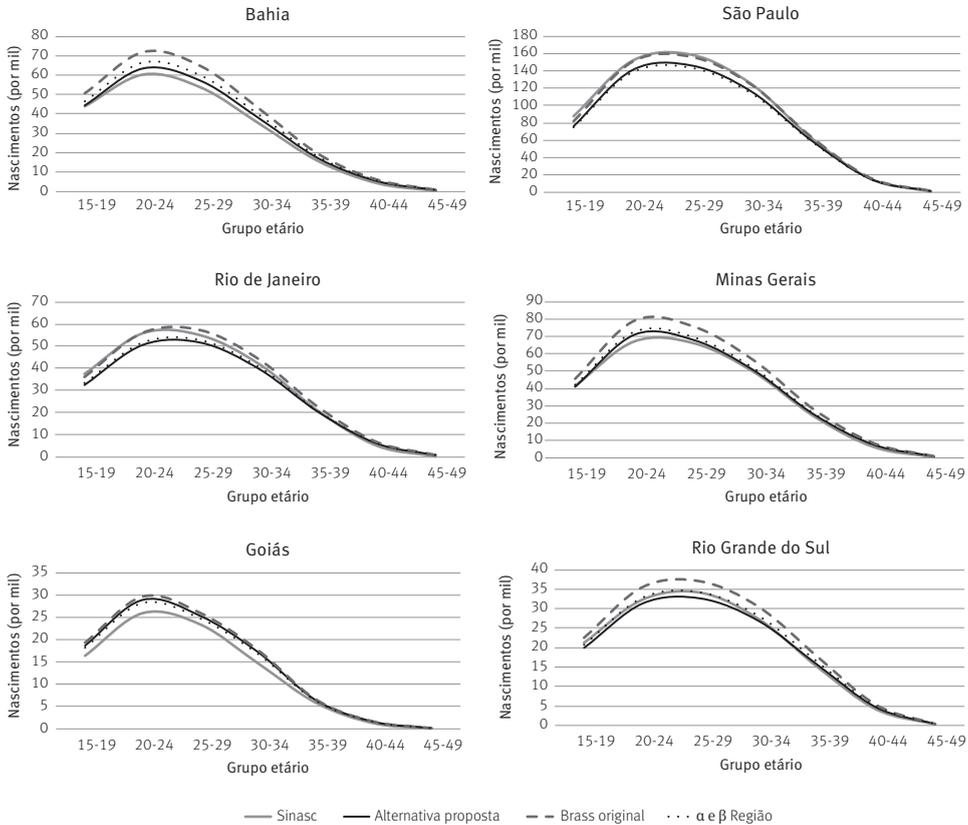
**TABELA 6**  
 **$P_2/F_2$  calculado por meio do procedimento tradicional**  
**Estados selecionados – 2000-2010**

Estados	$P_2/F_2$		
	2000	2010	Varição 2010/2000 (%)
Bahia	1,10	1,25	13,26
São Paulo	1,09	1,16	6,79
Rio de Janeiro	1,07	1,19	10,87
Minas Gerais	1,08	1,21	11,38
Goiás	1,15	1,18	2,58
Rio Grande do Sul	1,05	1,19	13,45

Fonte: IBGE. Censos Demográficos 2000 e 2010.

<sup>18</sup> As estimativas para os outros estados podem ser encontradas em Carvalho, Gonçalves e Silva (2017), disponível em: <http://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/td/TD%20564.pdf>.

**GRÁFICO 5**  
**Nascimentos estimados pela técnica P/F de Brass, com e sem o ajuste proposto, e nascimentos registrados (1)**  
**Estados selecionados – 2010**



Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010 e Estatísticas do Registro Civil. MS/SVS/DASIS. Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos – Sinasc.

(1) Média anual dos nascimentos registrados de 2009, 2010 e 2011.

Ao se comparar o nível da distribuição dos dados registrados pelo Sinasc com aqueles das outras três distribuições, não se pode perder de vista que aquela se refere, aproximadamente, ao ano de 2010, enquanto as três outras a 12 meses em torno de julho de 2007 e junho de 2008.

Apesar dessa divergência quanto à alocação temporal e tendo em vista tratar-se de um período provavelmente de leve declínio do nível da fecundidade, ao se compararem os dados do Sinasc com aqueles a partir de  $P_2/F_2$  de 2000 dos respectivos estados, os resultados para Bahia e Goiás estão a sugerir sub-registro, ainda que não significativo, de nascimentos no Sinasc.

Foi demonstrado que as estimativas, baseadas no Censo Demográfico de 2010, geradas pela técnica P/F tradicional de Brass superestimam o nível da função de fecundidade e,

consequentemente, o número de nascimentos na população recenseada (não necessariamente na população verdadeira, dependendo do grau de cobertura censitária). As curvas de São Paulo e Rio de Janeiro indicam, surpreendentemente, problemas não desprezíveis de cobertura censitária, em 2010. Houvesse sido a cobertura censitária completa (ou quase), a curva de nascimentos, via Brass tradicional, devido à sobre-estimação do nível da função de fecundidade, deveria ser superior àquela do Sinasc, tal como acontece nos gráficos do Rio Grande do Sul e Minas Gerais. Cabe ressaltar que, infelizmente, o IBGE não divulgou a avaliação da cobertura censitária de 2010, em nível de estados. Rigotti (2016), ao avaliar os dados de matrícula escolar do Inep, encontrou indícios sólidos de subcobertura do Censo Demográfico de 2010, especialmente em São Paulo.

A Tabela 7 apresenta, para as seis UFs, as TFTs estimadas a partir dos dados censitários de 2010, por meio da técnica tradicional de Brass e das duas alternativas propostas neste artigo: a adoção do quociente  $P_2/F_2$  dos dados do Censo Demográfico de 2000, em cada UF, e dos pesos relativos ( $\alpha$  e  $\beta$ ) estimados para as grandes regiões para se definir, em cada UF, a  $f_1^*$  das mulheres de 20 a 24 anos em 2010, cinco anos antes (quando tinham de 15 a 19 anos).

Ambas alternativas produzem estimativas de nível de fecundidade menores do que a técnica de Brass. Em princípio, aquelas advindas da primeira alternativa estariam mais próximas dos verdadeiros níveis da fecundidade, pois não pressupõe, em cada estado, a mesma trajetória da fecundidade adolescente da macrorregião à qual pertence a UF.

Todas as TFTs estimadas a partir do quociente  $P_2/F_2$  de 2000, com exceção de Goiás, são sensivelmente menores do que aquelas obtidas pelo procedimento tradicional preconizado por Brass.

TABELA 7  
Taxas de fecundidade total estimadas segundo a técnica tradicional de Brass e a modificação proposta  
Estados selecionados – 2005-2010

Estado	Taxas de fecundidade total				
	Brass original (2005-2010) (A)	Alternativa proposta 1 (2005-2010) (B) (1)	Varição entre (A) e (B) (%)	Alternativa proposta 2 (2005-2010) (C) (2)	Varição entre (A) e (C) (%)
Bahia	2,03	1,79	13,41	1,88	7,98
Minas Gerais	1,78	1,59	11,95	1,63	9,20
Rio de Janeiro	1,69	1,52	11,18	1,55	9,03
São Paulo	1,67	1,56	7,05	1,53	9,15
Rio Grande do Sul	1,75	1,55	12,90	1,62	8,02
Goiás	1,87	1,82	2,75	1,78	5,05

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010; IBGE (2013).

(1) Utilizando o  $P_2/F_2$  calculado a partir do Censo Demográfico de 2000 para a correção do nível da fecundidade de 2005-2010.

(2) Utilizando os pesos  $\alpha$  e  $\beta$  de para a correção do nível da fecundidade de 2005-2010.

## Considerações finais

O objetivo do trabalho foi apresentar as limitações da aplicação da técnica P/F de Brass, ainda muito utilizada para a estimação da função de fecundidade no Brasil, em um cenário de rápida variação da fecundidade adolescente, explicando como isso afeta a qualidade das estimativas. Outrossim, ficou claro, mantido o pressuposto de não seletividade do erro de período de referência, ao se usar a razão  $P_2/F_2$  para corrigi-lo, que, em um contexto de aumento ou diminuição dos níveis de fecundidade, a única variação que afeta a qualidade da estimativa obtida por meio das técnicas de Brass é aquela das mulheres de 15 a 19 anos, nos cinco anos anteriores à data de referência do censo ou *survey*.

Propôs-se uma alternativa para a aplicação da técnica aos dados específicos do Censo Demográfico de 2010, que evidenciaram rápida queda da fecundidade das jovens de 15 a 19 anos. Apesar da robustez da técnica P/F de Brass, aplicá-la em sua forma tradicional gera resultados bastante viesados, se a fecundidade das jovens variou significativamente nos cinco anos anteriores à data de referência do censo. Nos dados aqui analisados, verificou-se sobre-estimação no nível das curvas de fecundidade baseadas no Censo Demográfico de 2010, quando as estimativas são feitas pela técnica P/F, na sua concepção original. Ao se aplicar a alternativa aqui sugerida, qual seja, adotar, no ajuste das TEFs declaradas, em 2010, a razão  $P_2/F_2$  de 2000, os resultados, de modo geral, ficaram muito próximos das curvas com os dados do Sinasc, que já apresentam boa qualidade no país. Além disso, a TFT estimada foi similar às de outras técnicas, como o modelo relacional de Gompertz, além de condizente com o estimado por outros trabalhos, como aqui discutido. Portanto, encontrou-se suporte empírico para a alternativa proposta. Indubitavelmente, as estimativas das funções de fecundidade a partir dos dados do Censo Demográfico de 2010, por meio do procedimento tradicional da técnica P/F de Brass, sobre-estimaram seu nível, com sérias consequências nas projeções demográficas realizadas no país.

Provavelmente, essa adequação não será tão necessária no que se refere aos dados do país, regiões e estados, com os dados do Censo Demográfico de 2020, pois é provável que o ritmo da queda da fecundidade das mulheres de 15 a 19 anos, entre 2010 e 2020, será mais lento do que aquele observado no decênio anterior, fato esse já sugerido pelas PNADs desta década. No entanto, para outros grupos ou subgrupos populacionais, adaptações continuarão necessárias, levando em conta, sempre, o comportamento da fecundidade adolescente.

A técnica P/F pode ser aplicada mesmo quando as condições originalmente listadas por Brass são violadas. Necessita-se, no entanto, que o pesquisador entenda sua lógica, para que a aplique de forma adequada e a ajuste aos diversos cenários existentes. A técnica continua de uma utilidade ímpar, principalmente para a aplicação em subgrupos populacionais definidos por variáveis não disponíveis nos registros oficiais de nascimentos, mas presentes nos diversos censos e *surveys*.

## Referências

- BERQUÓ, E. S.; CAVENAGHI, S. M. Notas sobre os diferenciais educacionais e econômicos da fecundidade no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 31, n. 2, p. 471-482, 2014.
- BRASS, W.; COALE, A. J. Methods of analysis and estimation. In: BRASS, W. et al. (Ed.). **The demography of tropical Africa**. 1. ed. New Jersey: Princeton University Press, 1968. p. 88-139.
- BRASS, W. P/F synthesis and parity progression ratios. **Advances in methods for estimating fertility and mortality from limited and defective data**. London, England: Centre for Population Studies, London School of Hygiene and Tropical Medicine, 1985. p. 69-74.
- CARVALHO, J. A. M. de. Aplicabilidade da técnica de fecundidade de Brass quando a fecundidade está declinando ou quando a população não é fechada. In: III ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS. **Anais...**Vitória-BA: Abep, 1982.
- CARVALHO, J. A. M. de; GONÇALVES, G. Q.; SILVA, L. G. de C. E. **Estimativas de fecundidade no Brasil, grandes regiões e unidades da federação, em 2010, a partir da aplicação da técnica P/F de Brass no contexto de rápida queda da fecundidade adolescente**. Belo Horizonte: Cedeplar/UFMG (Texto para Discussão, n. 564). Disponível em: <<http://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/td/TD564.pdf>>.
- CASTANHEIRA, H. C.; KOHLER, H.-P. **It is lower than you think: recent total fertility rates in Brazil and possibly other Latin American countries**. In: ANNUAL MEETING POPULATION ASSOCIATION OF AMERICA. **Proceedings...**Washington, D.C.: Population Association of America, 2016.
- CAVENAGHI, S. M.; ALVES, J. E. D. Qualidade das informações sobre fecundidade no Censo Demográfico de 2010. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 33, n. 1, p. 189-205, 2016.
- FAUSTINO, S. H. R. **Convergência dos resultados escolares por estratos econômicos: uma análise a partir da esperança de anos de estudo**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.
- FEENEY, G. A new interpretation of Brass' P/F ratio method applicable when fertility is declining. Disponível em: <<http://demographer.com/gfeeny/research-notes/1998-new-interpretation-pf/1998-new-interpretation-pf.pdf>>. Acesso em: 23 maio. 2016.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeções da população: Brasil e Unidades da Federação**. Rio de Janeiro, 2013 (Série Relatórios Metodológicos). Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Projecao\\_da\\_Populacao/Projecao\\_da\\_Populacao\\_2013/srm40\\_projecao\\_da\\_populacao.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Projecao_da_Populacao/Projecao_da_Populacao_2013/srm40_projecao_da_populacao.pdf)>.
- MARQUES, D. H. F.; CARVALHO, J. A. M. de. **Uma reavaliação dos níveis da fecundidade estimados pela técnica P/F de Brass**. Brasil e grandes regiões: Censos Demográficos de 1980, 1991 e 2000. Belo Horizonte: Cedeplar/UFMG, 2018 (Texto para Discussão, n. 576).
- MOULTRIE, T. A. The relational Gompertz model. In: MOULTRIE, T. et al. (Ed.). **Tools for demographic estimation**. 1. ed. Paris: International Union for the Scientific Study of Population, 2013a. p. 54-68.
- \_\_\_\_\_. Synthetic relational Gompertz models. In: MOULTRIE, T. et al. (Ed.). **Tools for demographic estimation**. 1. ed. Paris: International Union for the Scientific Study of Population, 2013b. p. 96-102.
- MOULTRIE, T. A.; DORRINGTON, R. Sources of error and bias in methods of fertility estimation contingent on the P/F ratio in a time of declining fertility and rising mortality. **Demographic Research**, v. 19, p. 1635-1662, 2008.

POTTER, J. E.; SCHMERTMANN, C. P.; CAVENAGHI, S. M. Fertility and development: evidence from Brazil. *Demography*, v. 39, n. 4, p. 739-761, 2002.

RIGOTTI, J. I. R. **The effect of varying population estimates on the calculation of enrolment rates and out-of-school rates**. Montreal, Quebec, 2016. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002465/246518e.pdf>>.

SCHMERTMANN, C. P. et al. Bayes plus Brass: estimating total fertility for many small areas from sparse census data. *Population Studies*, v. 67, n. 3, p. 255-273, 2013.

SZWARCWALD, C. L.; LIBÂNIO, M. N. O.; DE FRIAS, P. G.; BORGES, P. R. S.; CORTEZ, J. J. E.; BARBOSA, L. R.; VIOLA, R. C. Busca ativa de óbitos e nascimentos no Nordeste e na Amazônia Legal: estimação das coberturas do SIM e do Sinasc nos municípios brasileiros. *Saúde Brasil 2010: uma análise da situação de saúde e de evidências selecionadas de impacto de ações de vigilância em saúde*. Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, 2011. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude\\_brasil\\_2010.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude_brasil_2010.pdf)>.

UNITED NATIONS. **Manual X: Indirect techniques for demographic estimation**. 1. ed. New York: United Nations, 1983.

ZABA, B. **Use of the relational Gompertz model in analysing fertility data collected in retrospective surveys**. London: Center for Population Studies / London School of Hygiene & Tropical Medicine, 1981 (Working Paper, n. 81).

## Sobre os autores

*José Alberto Magno de Carvalho* é doutor e mestre em Demografia pela University of London. Professor titular aposentado. Atualmente, professor emérito da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e voluntário no Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar) da mesma instituição.

*Guilherme Quaresma Gonçalves* é doutorando em Demografia no Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e mestre em Ciência Política pela mesma instituição.

*Luciano Gonçalves de Castro e Silva* é doutorando em Demografia no Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e mestre em Estudos Populacionais e Pesquisas Sociais pela Escola Nacional de Ciências Estatísticas (Ence). Pesquisador em Informações Geográficas e Estatísticas / demógrafo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

## Endereço para correspondência

*José Alberto Magno de Carvalho*  
Face/Cedeplar/UFMG  
Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha  
31270-901 – Belo Horizonte-MG, Brasil

*Guilherme Quaresma Gonçalves*  
Rua Professor Manoel Casassanta, 420, apto. 303, Ouro Preto  
31310-590 – Belo Horizonte-MG, Brasil

*Luciano Gonçalves de Castro e Silva*  
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)  
Av. República do Chile, 5000, Centro  
20031-170 – Rio de Janeiro-RJ, Brasil

## Abstract

### *Application of Brass P/F method in a context of rapid decline in adolescent fertility*

The age-specific fertility rate for women 15 to 19 years of age ( $f_1^*$ ) declined between 2000 and 2010. It was the first time it happened since the question of children born alive in the 12 months preceding the census date was added to the Brazilian census. The substantial decline – about 30% – introduces an error in the application of the Brass P/F ratio method, by underestimating accumulated fertility up to the 20 to 24 age group ( $F_2$ ) and, as a consequence, overestimating the  $P_2/F_2$  used in the Total Fertility Rate adjustment. In this article, we discuss this issue in detail and propose an alternative for adjusting the reference period of Brazilian census from 2010. The application of the adjusted method in this specific context estimates Total Fertility Rates similar to those estimated by use of other methods and techniques.

**Keywords:** Brass P/F ratio. Fertility decline. Adolescent fertility. Census.

## Resumen

### *Aplicación de la técnica P/F de Brass en un contexto de rápida caída de la fecundidad adolescente*

Por la primera vez desde 1970 —cuando se introdujo la pregunta sobre nacidos vivos en los 12 meses anteriores a la fecha de referencia del censo— Brasil experimentó, entre 2000 y 2010, una disminución significativa de aproximadamente 30% de las tasas específicas de fecundidad declarada de mujeres entre 15 y 19 años ( $f_1^*$ ). Este fenómeno trae una consecuencia importante para la aplicación de la técnica P/F de Brass: genera un error por falta en la fecundidad actual acumulada para el grupo de edad de 20 a 24 años ( $F_2$ ), lo que concomitantemente provoca una significativa sobrestimación en el valor de  $P_2/F_2$  —utilizado para corregir el nivel de la fecundidad declarada—. Este trabajo discute este problema y propone finalmente una adaptación de la técnica original de Brass para aplicarla a los datos del censo de 2010. La alternativa propuesta generó, en este contexto específico, estimaciones de la tasa global de fecundidad similares a las producidas por otras técnicas.

**Palabras clave:** P/F de Brass. Disminución de la fecundidad. Fecundidad adolescente. Censo demográfico.

Recebido para publicação em 14/03/2018

Aceito para publicação em 12/04/2018

## Anexo

**Fatores multiplicadores para se estimar a fecundidade corrente acumulada nos três primeiros anos dos grupos quinquenais com deslocamento de 0,5 ano (14,5 a 19,5, 19,5 a 24,5, etc.).**

15 a 19 anos	1,120	1,310	1,615	1,950	2,305	2,640	2,925	3,170
20 a 24 anos	2,555	2,690	2,780	2,840	2,890	2,925	2,960	2,985
25 a 29 anos	2,925	2,960	2,985	3,010	3,035	3,055	3,075	3,095
30 a 34 anos	3,055	3,075	3,095	3,120	3,140	3,165	3,190	3,215
35 a 39 anos	3,165	3,190	3,215	3,245	3,285	3,325	3,375	3,435
40 a 44 anos	3,325	3,375	3,435	3,510	3,610	3,740	3,915	4,150
45 a 49 anos	3,640	3,895	4,150	4,395	4,630	4,840	4,985	5,000
$f_1/f_2$	0,036	0,113	0,213	0,330	0,460	0,605	0,764	0,939
$\bar{m}$	31,7	30,7	29,7	28,7	27,7	26,7	25,7	24,7
$P_1/P_2$	0,014	0,045	0,090	0,143	0,205	0,268	0,330	0,387

Fonte: Brass e Coale (1968).

Nota: A introdução do parâmetro  $P_1/P_2$  foi gentilmente propiciada, em 1973, pelo professor William Brass, por solicitação de um dos autores deste artigo.