



POPULAÇÃO E MEIO AMBIENTE: UMA ANÁLISE DE ACOPLAMENTO PARA O CASO BRASILEIRO (1991-2014)

Lauana Rossetto Lazaretti

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Economia do Desenvolvimento (PUC-RS)

lauana.lazaretti@yahoo.com.br

Osmar Tomaz de Souza

Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia do Desenvolvimento (PUC-RS)

osmar.souza@puccrs.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é verificar a relação entre o desenvolvimento populacional e a utilização dos recursos ambientais no Brasil, entre 1991 a 2014. Para tanto, utiliza-se o método de análise de componentes principais, o qual gera dois indicadores: o Índice Integrado de Desenvolvimento Populacional (IIDP) e o Índice Integrado de Proteção dos Recursos Naturais (IIPR). A segunda técnica adotada é o Grau de Desenvolvimento Coordenado (GDC) entre os aspectos populacional e ambiental, a qual possibilita verificar o encadeamento dos indicadores. Os resultados mostram que, embora o GDR não tenha apresentado melhor harmonia, os indicadores de desenvolvimento da população e proteção dos recursos naturais exibiram tendências crescentes. Este resultado sugere que existe uma relação complexa entre as variáveis populacionais e as ambientais, e não se caracteriza como unidirecional e negativa. No entanto, enquanto o debate internacional preocupa-se com a pressão populacional sobre os recursos naturais, a tendência no Brasil é de decréscimo da população, o que implica em novas preocupação ambientais para o País.

Palavras-chave: população, meio ambiente, acoplamento, indicador

Abstract

The aim of this study is to verify the relationship between the population development and the use of environmental resources in Brazil, between 1991 to 2014. Use the method of principal components analysis, which generates two indicators: the Integrated Population Development Index (IIDP) and the Integrated Protection of Natural Resources Index (IIPR). The second technique adopted is the coordinated development degree (GDC) between population and environmental aspects, which makes it possible to check the thread of the indicators. The results show that while the GDR did not show better harmony, indicators of population development and protection of natural resources showed a growing trend. This result suggested that there is a complex relationship between population and environmental variables, and not characterized as unidirectional and negative. However, while the international debate is concerned with the population pressure on natural resources, the trend in Brazil is decrease of the population, resulting in new environmental concern for the Country.

Keywords: population, environment, coupling, indicator

JEL Codes: J11; O13; Q56



1. Introdução

A explosão demográfica gerou preocupações para a Organização das Nações Unidas (ONU) e para o Banco Mundial no século XX. O crescimento populacional possui impacto direto sobre a oferta de alimentos e a utilização de recursos naturais. Os estudos que tratam do meio ambiente colocam a população, em especial o crescimento populacional e os padrões de consumo, como elementos centrais no que tange à pressão e utilização dos recursos naturais, sendo a relação do ser humano com o meio ambiente geralmente considerada unidirecional e negativa (Meadows et al., 1972).

Hogan (1991) apontava que uma análise da literatura sobre crescimento demográfico e meio ambiente geralmente mostrava que raramente se ia além do “aspecto da pressão dos números sobre recursos” (p.61). Segundo o autor, afora algumas posições críticas, predominava a visão malthusiana de pressão demográfica sobre os recursos. Porém, o autor alerta que assumir que a relação entre o ser humano e a natureza é ruim apenas pela análise de sua expansão demográfica, é simplista (Hogan, 2007). Existe uma relação complexa entre os seres humanos e o meio ambiente e quando se abre espaço para um olhar mais amplo tanto do crescimento demográfico quanto do próprio processo de desenvolvimento, as análises são mais adequadas. O crescimento populacional pode ser um agravante para a equação população/meio ambiente/desenvolvimento, mas não o seu determinante. A qualidade de vida, as relações socioeconômicas e capitalistas, a desigualdade social e o acesso à terra são importantes para a análise da degradação ambiental. Nessa linha, por exemplo, processos de desertificação podem estar associados a desigualdades sociais e falta de alternativas para agricultores e não ao crescimento demográfico; empobrecimento de solos e escassez de terra podem estar

associados à substituição de agricultura de subsistência por agricultura de exportação e concentração de terras (Hogan, 1991).

As ações dos seres humanos sabidamente causam impactos ao ambiente que os envolve, com efeitos que vão do curto ao longo prazo. Foladori (2001) alerta que “a essência mesma do ser humano é a transformação da natureza... (p.107)” e o “crescente *domínio* sobre a natureza mostrou (...) a dependência do ser humano em relação aos ecossistemas que destruíra (p.110)”. Ao atingir os limites de utilização, será a própria qualidade de vida da população que será impactada, já ela não está dissociada do meio em que vive. Por isso, o desenvolvimento, caracterizado pelo aumento da qualidade de vida da população, envolve a relação ser humano/meio ambiente, e toma forma o conceito de população, meio ambiente e desenvolvimento. O novo termo é significado de uma visão multidimensional, que vai além da análise apenas do crescimento absoluto da população, como destaca Hogan (1993), a partir de uma abordagem demográfica, e Alier (1992), com ênfase nas diferentes estruturas da sociedade, atribuindo o termo “ecologismo dos pobres”.

No que diz respeito às características populacionais, em nível mundial, é possível verificar uma queda na taxa de crescimento da população, em 1991 o incremento anual da população era de 1,74% e chegou a 1,18% em 2014. A esperança de vida ao nascer aumentou 6,8 anos entre o período de 1991 e 2014, quando passou de 65,62 para 71,74 anos, respectivamente. Porém, entre os continentes existem heterogeneidades, a África, por exemplo, ainda possui elevadas taxa de fecundidade e de mortalidade. No que tange as variáveis ambientais do agregado mundial, as emissões de Dióxido de Carbono (CO₂) per capita foram cerca de 4,5 toneladas métricas de 1991 a 2014. Já a produção de eletricidade a partir de fontes renováveis, comparada ao total produzido, aumentou 4,66



pontos percentuais (1,31% em 1991 para 5,97% em 2014) (The World Bank, 2018).

Em meio ao debate sobre população, produção e consumo de bens e serviços, o crescimento da população mundial intensificou o debate da utilização dos recursos naturais e das mudanças climáticas (Martine; Ojima; Marandola Jr., 2015). No Brasil, da mesma forma que a tendência mundial, o crescimento populacional vem diminuindo no decorrer dos anos, no entanto, o que diferencia o país é o ritmo da queda, mais intenso que o ritmo global. A população urbana passou de um crescimento de 2,77% a.a. em 1991 para 1,19% a.a. em 2014, e entre a população rural o crescimento dos últimos anos foi negativo, -0,89% a.a. em 2014. A esperança de vida ao nascer dos brasileiros aumentou, de 65,70 anos em 1991 para 75 anos em 2014. A taxa de fecundidade não chega a 2,1 filhos por mulher em 2014 (1,75 filhos), percentual que para muitos estudiosos é o nível de sustentação da população (Lee, 2003). E a taxa de mortalidade total diminuiu mais que a metade entre 1960 e 2016, quando no último ano encontra-se em termos médios com 6,16 mortos a cada 1000 habitantes.

As emissões de CO₂ per capita no Brasil aumentaram entre 1991 a 2014, porém quando comparadas com a média mundial, representam menos impactos sobre o efeito estufa. Em 1991 eram emitidas 1,40 toneladas métricas por habitante e em 2014 chegou 2,59 toneladas. Por outro lado, o percentual produzido de energia a partir de fontes renováveis (com exclusão da hidroelétrica) no país chegou a 9,85% da produção total, cerca do dobro do percentual produzido no mundo (The World Bank, 2018).

Conforme destaca Brito (2008), as referidas transformações não se restringem apenas às variáveis demográficas, mas possuem relações com variáveis econômicas e sociais, o que gera efeitos positivos e negativos. A estrutura etária da população e a melhoria na

qualidade de vida provocam mudanças nos padrões de consumo e proporcionam um aumento da pressão sobre os recursos naturais (Wu; Niu, 2012). Ao analisar o desenvolvimento populacional – caracterizado como a elevação da qualidade de vida, a melhoria dos padrões de produção e o aumento da renda dos indivíduos residentes em determinado país – e a utilização de recursos naturais na China, país em desenvolvimento e de renda per capita média semelhante ao Brasil, Wu e Niu (2012) identificaram um possível desenvolvimento populacional às custas dos recursos naturais.

Com isso, considerando as mudanças no aspecto populacional brasileiro e a sua complexidade sobre a relação com o meio ambiente, o presente trabalho busca verificar a relação entre o desenvolvimento populacional e a utilização dos recursos ambientais no Brasil, entre 1991 a 2014. Como os aspectos populacional e ambiental possuem um amplo número de variáveis, primeiramente, utiliza-se uma análise fatorial com extração de componentes principais, a qual gera dois indicadores: o Índice Integrado de Desenvolvimento Populacional (IIDP) e o Índice Integrado de Proteção dos Recursos Naturais (IIPR). A segunda técnica adotada é o Grau de Desenvolvimento Coordenado (GDC) entre os aspectos populacional e ambiental, a qual possibilita verificar o encadeamento de ambos.

O artigo está dividido em cinco seções, a contar desta introdução. Na segunda seção, são apresentadas algumas das principais teorias que tratam da relação entre a população e o meio ambiente. A terceira seção trata dos aspectos metodológicos empregados neste estudo. A quarta seção versa sobre os principais resultados da pesquisa e discute-os. Por fim, são apresentadas as considerações finais do estudo.



2. Meio Ambiente e população: uma abordagem teórica

A preocupação inicial com o crescimento populacional decorre das ideias de Thomas Robert Malthus. Para Malthus (1983), a abundância de alimentos não seria mantida por longo período, uma vez que a população cresce a taxa geométrica e a produção de alimentos não é suficiente, pois cresce a uma taxa aritmética.

Ao tratar de fatos anteriores a transição demográfica¹, Lee (2003) analisa a ideia de Malthus ao abordar o crescimento econômico versus o crescimento populacional, em que, o último leva a miséria, a fome e a desequilíbrios sociais. A ideia inicial, a de que as doenças e as epidemias trazem a população de volta ao equilíbrio, foi superada, segundo o autor, pelo desenvolvimento de vacinas, a evolução da medicina e pelo incremento do comércio mundial. Segundo Bandeira (1996), a ideia de Malthus com relação à produção de alimentos limitada foi ultrapassada, principalmente, por levar em conta indicadores e observações rudimentares, e a falta de uma perspectiva de longo prazo.

Ainda que o pensamento Malthusiano tenha evoluído, trouxe consigo ramificação e deu origem a outras escolas de pensamento. Com o final da Segunda Guerra Mundial e o aumento populacional em alguns países, principalmente nos países em desenvolvimento, os neomalthusianos voltaram a se preocupar com o aumento da população. Segundo Silva et al. (2015), a preocupação voltava-se para o maior número de habitantes e sua implicação com a redução da renda per capita. Os neomalthusianos chegaram à mesma conclusão de Malthus, a de que o crescimento populacional é responsável pela miséria, mas de modo

oposto, acreditam que a redução da natalidade pode ser controlada por métodos contraceptivos, e o Estado possui papel fundamental.

Os Marxistas ou Reformistas acreditavam que é a condição de pobreza que gera aumento da taxa de natalidade e elevado crescimento da população. Para melhorar o cenário são sugeridas reformas sociais e econômicas, a fim de melhorar a situação dos países em desenvolvimento, diminuir o crescimento da população e aumentar o crescimento econômico (Silva et al., 2015).

Na corrente de pensamento oposta à Malthusiana, encontra-se na literatura o pensamento populacionista, que trata o crescimento populacional como meio gerador de crescimento econômico. É o crescimento da população que gera dinamismo e incremento de novas tecnologias, pois os jovens são propensos a adota-las e, com isso, o produto da economia tende a aumentar (Stampe, 2013).

Para Meadows et al. (1972), além do crescimento da população e da produção de alimentos, fatores como o aumento da industrialização, da poluição e do consumo de riquezas naturais não-renováveis tornam-se interligados. O crescimento exponencial dessas características leva a um limite determinado, que ao atingi-lo, ocorre um estado de caos. Neste sentido, Romeiro (2003) relata que a atividade econômica deve respeitar os limites ambientais globais, pois ao ultrapassar a capacidade de carga do planeta o caminho leva a catástrofes ambientais. A tecnologia pode atenuar a pressão sobre os recursos naturais, porém não a elimina-la.

Foladori (2001) apresenta um outro foco para a análise da questão ambiental. Para ele, as relações capitalistas e suas leis é que são

¹ A transição demográfica divide-se em duas fases, na primeira apenas a taxa de mortalidade começa a diminuir, a taxa de fecundidade permanece alta, e o crescimento da população é elevado. Na segunda, o

número de nascimentos também começa a cair, e a taxa de crescimento total da população, que é positiva, passa a decrescer (Brito, 2008).



determinantes para a exploração do meio ambiente e, a partir disso, o lucro e a produção constituem elementos importantes para se entender os problemas ambientais. Para o autor, “pagar o mesmo preço àqueles que têm custos de produção diferentes é o empobrecimento de muitos e o enriquecimento de outros” (p.169). Isto porque sempre que a estrutura de preços definida pelos mercados for igual para os produtores e estes tiverem custos de produção diferente, haveria incentivos para incorporar produtos naturais sem preço ou gerar desperdício nos espaços públicos. Em outras palavras, a redução de custos pela utilização dos recursos naturais “sem preço” decorre desse sistema em que a geração de lucro é o objetivo central. O esforço para sobreviver num ambiente de concorrência acirrada (e predatória), bem como a lógica de “produzir sempre mais e mais variadas mercadorias e a utilizar todos os meios (...) para aumentar a demanda (p.168)” são elementos centrais para a compreensão dos problemas ambientais, na visão do autor.

Uma forma de atenuar as dificuldades relacionadas ao meio-ambiente, sugerida por Romeiro (2003), é a mudança nos padrões de consumo, o que representaria uma alteração no paradigma; passar da civilização do ter para a civilização do ser.

Nesse sentido, Hogan (2014) destaca que o crescimento da população não é uma força unidirecional para a exploração dos recursos ambientais. Ou seja, a relação é complexa, depende do estado de desenvolvimento da população e, associado a este, das relações sociais estabelecidas, das estruturas produtivas, tecnologias utilizadas, escalas, padrões consumo, dentre outros. Observe-se que o conceito de desenvolvimento aqui tratado não é sinônimo de crescimento econômico. Aqui se entende desenvolvimento como na visão de Furtado (2000, p. 103) que o caracteriza como: “a transformação do conjunto das estruturas de uma sociedade em

função de objetivos que se propõe alcançar essa sociedade”. Ou ainda aquela sinalizada por Veiga (2010), incluindo a qualidade de vida da população, o aumento da expectativa de vida e a geração de oportunidades sociais. Em resumo, é o desenvolvimento visto como um projeto social para a melhoria da qualidade de vida, em que o crescimento econômico é um dos aspectos do desenvolvimento. Nesses termos, população e meio ambiente são elementos centrais.

Martine (2007) analisa a equação população, meio ambiente e desenvolvimento, na qual salienta que a distribuição da população no espaço afeta a sustentabilidade. A urbanização pode ser uma aliada, pois permite vantagens de escala e melhorias no uso da terra. Ao passo que, os padrões de consumo e de produção interferem sobre os recursos naturais, não apenas o crescimento populacional.

O crescimento da população é um agravante do problema ambiental, e sua caracterização como determinante vem sendo questionada na literatura. As características socioeconômicas dos indivíduos exercem uma relação complexa e pouco estudada sobre os recursos ambientais (Hogan, 2007, 2014; Martine, 2007). Em busca de verificar tal relação para o Brasil, a próxima seção trata da metodologia adotada.

3. Metodologia

A análise fatorial com extração de componentes principais possibilita captar o máximo da variação total dos dados em combinações lineares não correlacionadas entre si. O primeiro componente carrega a maior variância dos dados, o segundo o máximo possível do restante, e assim sucessivamente (Mingoti, 2005; Hair et al., 2009). Com isso, é possível reduzir o número elevado de variáveis que expressam o



desenvolvimento populacional e ambiental, sem perder a suas características.

Os coeficientes do componente principal atrelados a cada variável representam o seu grau de importância. Desta forma, é possível calcular a equação do componente principal, o que possibilita a retirada de um escore para cada componente. Segundo Mingoti (2005), esse valor pode ser usado como uma variável para outras análises, como no caso da elaboração de um indicador, objetivo deste estudo.

3.1. Fonte e base de dados

As variáveis utilizadas no trabalho foram extraídas do Banco de Dados aberto do Banco Mundial (World Bank Open Data, 2018). As variáveis utilizadas possuem base no trabalho realizado por Wenheng e Niu (2012) para a China. Além destas, foram incorporadas as taxas de fecundidade e de mortalidade, as quais, segundo Carvalho, Sawyer e Rodrigues (1988), são medidas importantes para a dinâmica populacional, embora elas representem parâmetros populacionais fechados, ou seja, a variável migração não é incluída devido à falta de disponibilidade do

dado. O processo de extração e definição das variáveis utilizadas contemplou uma ampla revisão do Banco de Dados Mundial, o que levou a escolha de todas as variáveis disponíveis que possuem relação com os aspectos populacionais e ambientais. As variáveis são classificadas em três grupos para o indicador de desenvolvimento populacional, o primeiro trata da quantidade, qualidade e estrutura da população, o segundo são as características do padrão de vida e o terceiro abrange o nível de produtividade. O indicador dos recursos ambientais encontra-se dividido entre a utilização e a proteção destes recursos.

A função gerada pelas variáveis ligadas a população é denominada Índice Integrado de Desenvolvimento Populacional (IIDP) e aquela originada das variáveis relativas aos recursos naturais é denominada Índice Integrado de Proteção dos Recursos Ambientais (IIPR). No total são utilizadas quarenta e nove (49) variáveis. O período analisado é de 1991 a 2014, com séries anuais para o Brasil. O Quadro 1 apresenta as variáveis e os níveis de análise do estudo.

Quadro 1 – Sistema de indicadores e suas respectivas variáveis

Índice	Restrição	Fatores	Variáveis
Grau de coordenação entre desenvolvimento populacional e utilização e preservação de recursos naturais	Índice integrado de desenvolvimento populacional (X)	Quantidade e qualidade populacional (X_1)	x_1 Densidade Populacional (-) x_2 Taxa de crescimento da população rural (-) x_3 Taxa de crescimento da população urbana (-) x_4 Força de Trabalho (PIA) (+) x_5 Empregos no Setor de Serviços (% do total) (+) x_6 Empregos no Setor Industrial (% do total) (+) x_7 Empregos no Setor Agrícola (% do total de empregos) (-) x_8 Esperança de vida ao nascer, total (anos) (+) x_9 População em aglomerados urbanos com mais de 1 milhão de pessoas (+) x_{10} População urbana (% do total) (+)



Índice	Restrição	Fatores	Variáveis
			x_{11} Taxa de fecundidade, total (nascimentos por cada mulher) (-) x_{12} Número de graduados (Educação Superior) (+) x_{13} Taxa de mortalidade (a cada 1000 pessoas) (-)
		Padrão de Vida da população (X_2)	x_{14} Relação entre emprego e população, maiores de 15 anos, total (%) (+) x_{15} Agricultura, valor adicionado por trabalhador (2010 US\$) (+) x_{16} Concentração de renda - Coeficiente de Gini (-) x_{17} Salário dos trabalhadores, total (% do total empregados) (+)
		População/Produção (X_3)	x_{18} Crescimento do PIB per capita (% anual) (+) x_{19} Indústria, valor adicionado por trabalhador (2010 US\$) (+) x_{20} PIB per capita dos empregados (1990 PPP \$) (+) x_{21} Formação bruta de capital (anual % de crescimento) (+) x_{22} Serviços, valor adicionado por trabalhador (2010 US\$) (+)
	Índice integrado de proteção dos recursos ambientais (Y)	Utilização dos recursos naturais (Y_1)	y_1 Consumo de energia procedente de combustíveis fósseis (% do total) (-) y_2 Consumo de energia elétrica (kWh per capita) (-) y_3 Energia nuclear e alternativa (% total de uso de energia) (-) y_4 Nível da intensidade energética primária (MJ/\$2011 PPP GDP) (-) y_5 PIB por unidade de uso da energia, (PPA a \$ por kg de petróleo) (+) y_6 Investimento em energia com participação privada (US\$ preços atuais) (+) y_7 Rendimento de cereais (kg por hectares) (+) y_8 Rendas totais dos recursos naturais (% do PIB) (-) y_9 Terras cultiváveis (hectares por pessoa) (-) y_{10} Uso de energia (kg de petróleo per capita) (-) y_{11} Produção de eletricidade a partir de fontes hidroelétricas (% do total) (-) y_{12} Produção de eletricidade a partir de fontes de petróleo, gás y carbono (% do total) (-)



Índice	Restrição	Fatores	Variáveis
			y_{13} Produção de eletricidade a partir de fontes nucleares (% do total) (-) y_{14} Produção aquática (toneladas métricas) (+)
		Proteção do Meio Ambiente (Y_2)	y_{15} Área florestal (km quadrado) (+) y_{16} Combustíveis renováveis e resíduos (% total de energia) (+) y_{17} Emissões de CO2 (toneladas métricas per capita) (-) y_{18} Emissões de CO2 originadas por edifícios residenciais e serviços comerciais e públicos (% do total da queima de combustíveis) (-) y_{19} Emissões de CO2 originadas pela indústria manufatureira e da construção (% do total da queima de combustíveis) (-) y_{20} Emissões de CO2 originadas pelo transporte (% do total da queima de combustíveis) (-) y_{21} Emissões de CO2 originadas por outros sectores, não inclui edifícios residenciais e serviços comerciais e públicos (% do total da queima de combustíveis) (-) y_{22} Produção de eletricidade a partir de fontes renováveis, excluída a hidroelétrica (quilowatt-hora) (+) y_{23} Produção de eletricidade a partir de fontes renováveis, excluída a hidroelétrica (% do total) (+) y_{24} Consumo de energia renovável (% do total final de consumo de energia) (+) y_{25} Recursos disponíveis: esgotamento de fontes de energia (US\$ atuais) (+) y_{26} Recursos disponíveis: esgotamento de minerais (US\$ atuais) (+) y_{27} Recursos disponíveis: esgotamento de recursos florestais (US\$ atuais) (+)

Fonte: Elaborada pelos autores

Os sinais de negativo (-) e de positivo (+) em cada uma das variáveis significam o impacto sobre o desenvolvimento da população no caso do vetor de variáveis x e para a proteção do meio ambiente no caso de y . Desta forma, um sinal negativo significa que quanto menor o valor melhor (Equação 1) e um sinal positivo indica quanto maior melhor (Equação 2).

$$V_{ij} = \frac{Max(v_j) - v_{ij}}{Max(v_j) - Min(v_j)} \quad (1)$$

$$V_{ij} = \frac{v_{ij} - Min(v_j)}{Max(v_j) - Min(v_j)} \quad (2)$$

Em que, V_{ij} representa o vetor de variáveis x ou y , aplicado para os dois conjuntos de



dados. Com isso, os dados de toda a amostra são padronizados e assumem valores entre zero e um.

3.2. Procedimentos Analíticos

O cálculo do IIDP e do IIPR é realizado por meio dos componentes principais. O conjunto de dados possui p variáveis e são obtidos $p - 1$ componentes principais, a sua escolha obedece dois critérios. O primeiro trata-se de uma raiz característica maior que um (*eigenvalues* > 1) e a segunda forma trata-se de desconsiderar a variância explicada abaixo da média (4,34% para o IIDP e 3,703 para o IIPR). Os fatores foram rotacionados por meio do método VARIMAX. Os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados dos componentes principais para o IIDP e o IIPR

Componente Principal (IIDP)	<i>Eigenvalue</i>	Proporção da variância explicada	Variância acumulada
1	12,08	54,94%	54,94%
2	3,21	14,63%	69,58%
3	3,02	13,72%	83,30%
4	1,98	9,03%	92,34%

Componente Principal (IIPR)	<i>Eigenvalue</i>	Proporção da variância explicada	Variância acumulada
1	15,51	57,44%	57,44%
2	4,27	15,84%	73,28%
3	3,15	11,67%	84,96%
4	1,87	6,94%	91,90%

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

Como um todo, o conjunto de componentes podem explicar 92% e 91% da variância dos dois níveis de análise, respectivamente. A equação que representa cada componente depende do processo de otimização, o coeficiente das variáveis é calculado com respeito à quantidade captada da variância. Desta forma, cada escore é avaliado a partir do valor das cargas fatoriais e os respectivos componentes gerados (Apêndice A). Conforme a literatura especializada, são recomendados valores de cargas fatoriais maiores que 0,50. Neste caso, os valores que respeitam tal limite e pertencem a cada componente são destacados em negrito. Como forma de verificar quanto os quatro fatores explicam de cada variável para o nível de desenvolvimento populacional e ambiental, a comunalidade é apresentada ao lado de cada carga fatorial.

Ao multiplicar os escores (H_i) com sua respectiva representatividade da variância total, torna-se possível calcular o IIDP, representado por $f(x)$, e o IIPR, representado por $g(y)$. Esses indicadores são calculados pelas Equações 3 e 4.

$$f(x) = 0,5494H_1 + 0,1463H_2 + 0,1372H_3 + 0,0903H_4 \quad (3)$$

$$g(y) = 0,5744H_5 + 0,1584H_6 + 0,1167H_7 + 0,0694H_8 \quad (4)$$

Como o valor do escore de cada componente possui números negativos e inexistência de uma escala adequada para o cálculo de um índice, se adotou a padronização pela média e o desvio padrão (padronização Z). O novo escore possui valores entre zero e um ($0 < H_i < 1$). A definição do novo valor é baseada no cálculo da Equação 5.

$$H_{ij} = \frac{h_{ij} - Média}{Desvio Padrão} \quad (5)$$



Em que, se segue uma escala crescente. Por meio dos valores de $f(x)$ e $g(y)$ é possível calcular o nível de acoplamento entre o desenvolvimento populacional e a proteção dos recursos naturais, conforme explanado na próxima subseção.

3.3. Cálculo do Índice de acoplamento da equação ser humano / meio ambiente / desenvolvimento

O acoplamento refere-se a duas ou mais formas ou níveis de análise que possuem interações entre si. Se o movimento dos elementos gera relações positivas, o grau de coordenação é ajustado. Porém, se a interação dos elementos gera efeitos negativos entre um nível e o outro, não há ajustamento. Conforme a literatura proposta existe uma relação entre a população e o meio ambiente, que interagem e geram efeitos um para com o outro. Desta forma, o grau de acoplamento ou índice coordenado de desenvolvimento possibilita a identificação da direção (ajustada ou não) de interação existente entre os dois campos de pesquisa (Li; Qi; Liu, 2017).

O cálculo do índice coordenado de desenvolvimento populacional e proteção dos recursos naturais é proposto por Wu e Niu (2012) e Liao (1999). Esse método de avaliação é adotado, e segue os cálculos apresentados nas Equações 6, 7 e 8.

$$C = \left\{ \frac{f(x) * g(y)}{\left[\frac{f(x) + g(y)}{2} \right]^2} \right\}^k \quad (6)$$

$$T = \alpha f(x) + \beta g(y) \quad (7)$$

$$D = \sqrt{C * T} \quad (8)$$

Em que, C representa o grau de coordenação; k é o coeficiente de ajuste e representa as

duas dimensões analisadas; T representa o índice de avaliação integrada para a população e os recursos naturais; α e β são o peso de cada nível de análise no índice total (D), os quais possuem o mesmo peso neste estudo (0,50 para cada dimensão); D é o grau de desenvolvimento coordenado (GDC). O GDC varia entre zero e um, e se distribui em dez níveis de análise, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – Valores do grau de desenvolvimento coordenado e seus respectivos significados

Não possui ajustes		Possui ajustes	
D	Tipo do ajuste	D	Tipo do ajuste
0,00 – 0,09	Sem ajuste	0,50 – 0,59	Harmonia primária
0,10 – 0,19	Desajuste severo	0,60 – 0,69	Harmonia secundária
0,20 – 0,29	Desajuste moderado	0,70 – 0,79	Harmonia moderada
0,30 – 0,39	Desajuste secundário	0,80 – 0,89	Harmonia favorável
0,40 – 0,49	Desajuste leve	0,90 – 1,00	Melhor Harmonia

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Wu e Niu (2012).

Um indicador abaixo de 0,50 significa que os recursos ambientais e o sistema populacional não podem manter um desenvolvimento coordenado. Os valores acima de 0,50 indicam que os recursos ambientais e o sistema populacional podem manter desenvolvimento coordenado. Os resultados dos indicadores são apresentados na próxima seção.

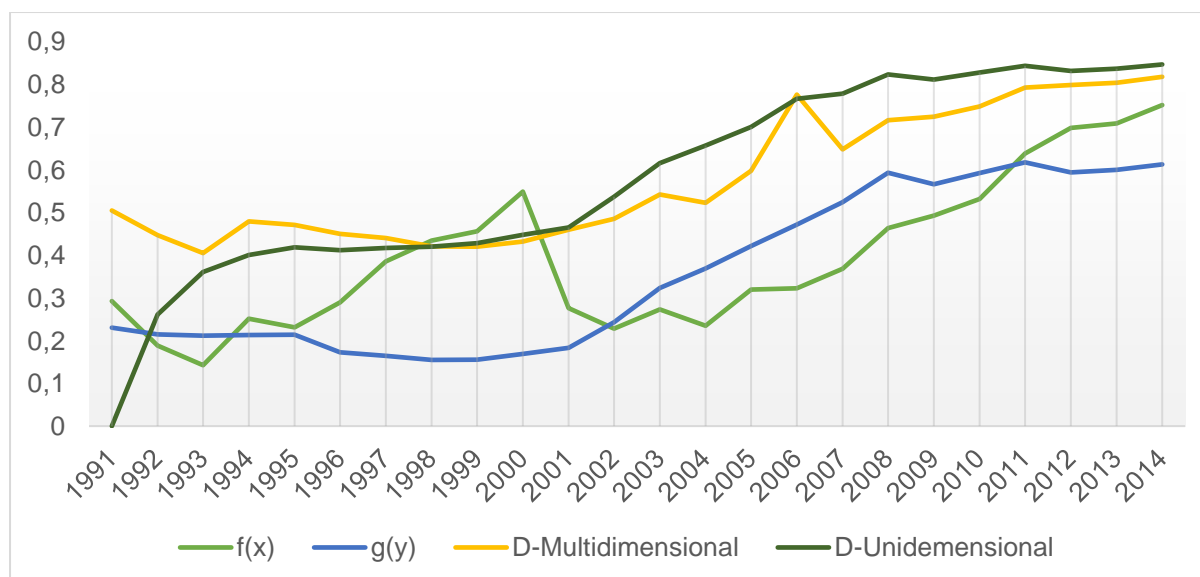


4. Resultados

O grau de coordenação do desenvolvimento populacional com a proteção ambiental (D – Multidimensional) e o índice de crescimento populacional e a proteção ambiental (D – Unidimensional), como um todo, aumentaram no período analisado. Até o ano de 1996, ao avaliar o índice unidimensional, que leva em

conta apenas o crescimento da população, o grau de coordenação deste indicador era inferior ao aspecto multidimensional. A partir de 2003 o nível multidimensional aumenta o grau de coordenação com o meio ambiente, mantendo um desenvolvimento coordenado, enquanto o indicador unidimensional já apresentava ajuste (Figura 1).

Figura 1 – Resultados do IIDP ($f(x)$), do IIPR ($g(y)$) e do Grau de desenvolvimento coordenado (D) multidimensional e unidimensional para os anos de 1991 a 2014 no Brasil



Fonte: Elaborada pelos autores.

Ao analisar apenas o crescimento populacional como variável representativa da dinâmica da população, nota-se que em 1991 não havia ajuste entre população e meio ambiente. Entre os anos de 1992 a 2001 o índice de encadeamento passou de desajuste secundário para leve (de 0,36 para 0,46). Após esse período, o indicador apresentou harmonia primária, secundária e moderada de 2002 a 2007. No período de 2008 a 2012, o grau de coordenação foi de harmonia favorável.

O Índice Integrado de Proteção de Recursos Ambientais (IIPR), representado pela $g(y)$, aumentou cerca de 45 pontos (teve variações

entre 0,15 a 0,61) e o índice de crescimento populacional crescente se deve a redução da taxa de crescimento da população. Em 2014, o aumento populacional chegou a quase um ponto percentual menor que a taxa do período inicial (1,74% a.a. em 1991 para 0,88% a.a. em 2014). Quando levado em conta que o crescimento populacional tende a maior degradação do meio ambiente, uma redução do crescimento gera efeitos positivos sobre os recursos naturais.

Quanto ao índice integrado de desenvolvimento populacional (D – Multidimensional) o maior desajuste ocorreu no ano de 1999 (0,41). Sendo que, todo o



período de 1991 a 2002 foi marcado por desajustes leves. A partir de 2003, o desenvolvimento populacional e o ambiental entraram em harmonia. Nos anos de 2003, 2004 e 2005 o ajuste foi harmônico primário, em 2007 prevaleceu a harmonia secundária. No ano de 2006 e entre o período de 2008 a 2012 o ajuste aumentou para harmônico moderado, e o final do período apresentou o maior nível de ajuste, harmonia favorável (2013 e 2014).

O índice integrado de desenvolvimento populacional teve duas tendências de aumento no período, a primeira de 1991 a 2000 e, a segunda, de 2002 a 2014. O primeiro componente que representa o desenvolvimento populacional é responsável pela maior variância dos dados (54%) e abrange cerca de 70% das variáveis (15 delas), as cargas fatoriais rotacionadas podem ser analisadas no Apêndice A. A taxa de crescimento da população urbana, os empregos do setor agrícola, a taxa de mortalidade e de fecundidade encontram-se nesse fator, e possuem um padrão de queda no período. As variáveis densidade populacional, força de trabalho, empregados no setor de serviços e da indústria, esperança de vida ao nascer, aglomerados urbanos, pessoas com educação superior, o valor adicionado por trabalhador rural e o salário dos trabalhadores empregados seguiram um padrão de aumento entre 1991 e 2014.

O segundo componente principal, do indicador de desenvolvimento populacional, representa 14% da variância dos dados, as variáveis com maior peso são a relação entre emprego e população, a concentração de renda e o valor adicionado por trabalhador no setor de serviços. As duas primeiras variáveis tiveram três quedas no período, em 1991, 1994 e 2000, enquanto o valor adicionado por trabalhador do setor de serviços, nesses mesmos anos, apresentou aumento.

No componente 3, a taxa de crescimento da população rural vem diminuindo até 2001, quando tem um aumento e seguiu estável. O oposto ocorre com o valor adicionado por trabalhador do setor industrial, que teve queda a partir de 2002, e em 2011 apresentou um aumento novamente. O componente 4 contempla o padrão de variação do crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) per capita e da formação bruta de capital, as quais seguem as mesmas flutuações e são distintas para cada ano (não seguem uma tendência).

Quanto ao índice integrado de proteção dos recursos naturais, ocorreu uma pequena melhora entre o período de 2001 a 2008, quando passou a ficar estagnado até o ano de 2014. O primeiro componente capta a variação de 60% do conjunto de dados (17 variáveis), e explica 57% da variância. A produção de eletricidade a partir de fontes hidroelétricas, a área florestal, as emissões de CO₂ originadas de edifícios e de outros setores diminuíram entre 1991 e 2014. Por outro lado, o consumo de energia elétrica, o PIB por uso de unidade de energia, os investimentos em energia, o rendimento dos cereais, as rendas totais dos recursos naturais, as terras cultiváveis, o uso de energia, a produção de eletricidade por meio do petróleo e de fontes nucleares, a produção aquática, as emissões de CO₂ per capita, a produção de eletricidade por meio de fontes renováveis (por quilowatt-hora e medido pelo percentual total) e os recursos disponíveis de energia e de minerais aumentaram no período estudado.

O componente 2 do indicador de proteção do meio ambiente apresenta dois pontos de mínimo, com baixo consumo de energia procedente de combustíveis fósseis e baixo nível de intensidade energética primária, o primeiro no início da década de 90 e outro em 2009. De modo contrário, nesse período, o consumo de combustíveis e energias renováveis eram altos. No componente 3, as variáveis com maior peso são o uso de energia



alternativas e nucleares, as emissões de CO₂ da indústria manufatureira e de construção e os recursos florestais disponíveis, porém, não há um padrão de variação no período. O quarto componente representa 5% da variância dos dados, e é composto pelas emissões de CO₂ originadas pelo transporte e o investimento privado em energia, os quais geraram menos poluição e menos investimentos entre 2000 a 2008, e chegaram a valores maiores em 1998 e 2012.

De um modo geral, os indicadores que favorecem o desenvolvimento da população tiveram um desempenho positivo. E as variáveis que proporcionam aumento da proteção dos recursos ambientais demonstraram aumento da utilização de recursos renováveis e redução da emissão de CO₂. O que contribui para o ajuste entre o desenvolvimento populacional e a proteção ambiental.

5. Discussão

O indicador que leva em consideração apenas o crescimento populacional apresentou um aumento consecutivo no decorrer do período analisado. Isso pode decorrer da ideia proposta por Martine, Ojima e Marandola Jr. (2015), a qual analisa o caso brasileiro e observa que a trajetória do crescimento da população brasileira encontra-se em fase descendente. Com isso, o debate internacional com a preocupação da pressão do aumento populacional sobre os recursos naturais possui pouca relevância no caso brasileiro. Sendo que, a partir do final da década de 2040 a taxa de crescimento da população brasileira passará a ser negativa (IBGE, 2019).

Lam (2011) relata que a explosão demográfica mundial está passando por um processo de

enfraquecimento, e caminha-se para o crescimento zero da população ainda no século XXI. A estrutura etária cria um dividendo demográfico², que gera efeitos positivos sobre a escolaridade, o aumento da renda e a redução da pobreza. Para o autor, a redução dos recursos não renováveis possui o mesmo custo que 50 anos atrás, haja vista que o número de pessoas era significativamente menor. Porém, cabe ressaltar a existência de dois fenômenos negativos, o aquecimento global e o consumo insustentável.

Para Martine e Alves (2015), torna-se importante salientar que entre a parcela da população com renda per capita menor se reflete um nível de consumo inferior, quando comparado com a população com renda elevada. Com a utilização de recursos naturais atrelada ao consumo, grande parte da população com baixa renda não participa do consumo mundial, pouco contribui para os problemas ecológicos e é a parcela que mais sofre com as mudanças climáticas globais. No Brasil, a emissão de CO₂ aumentou no período analisado, em compensação a concentração de renda diminuiu. Porém, a preocupação com essa faixa de renda não deve passar despercebida.

A ideia proposta por Lam (2011) evolui o marco de o crescimento populacional ser unidirecional para os problemas ambientais, existem outras características atreladas a tal processo. Nesse sentido, a hipótese levantada por Carmo (2001) é que o limite ambiental está relacionado com fatores que vão além, apenas, do crescimento populacional absoluto, no caso da água, a forma correta de utilização dos recursos e o desenvolvimento tecnológico possuem relação direta com evitáveis desperdícios.

Para Martine, Ojima e Marandola Jr. (2015), além do volume e ritmo de crescimento da

² A partir da queda na taxa de fecundidade e de mortalidade e o aumento da expectativa de vida da população, o número de pessoas em idade ativa é

elevado em relação aos jovens e idosos, o que gera oportunidades de crescimento econômico.



população, as mudanças demográficas que implicam pressão sobre o meio ambiente são a composição e a distribuição populacional. Com isso, a grande mudança se encontra na estrutura de idade populacional, que se volta para o envelhecimento e para a alteração na constituição das famílias. A pressão crescente sobre o número de domicílios induz a ocupações de áreas inadequadas e em situações de risco.

Para Martine e Alves (2015), a preocupação central da interação entre o homem e o meio ambiente encontra-se no modelo econômico à custa da base ecológica, que pode estar comprometido no século XXI. Isto decorre do cenário favorável no século XX, com disponibilidade de recursos ambientais, grande parte da população em idade ativa e com deslocamento urbano, que proporcionou ganhos de escala e aumento da renda per capita, mas não pode ser sustentado no século atual. O baixo crescimento da população leva, no decorrer dos anos, ao envelhecimento populacional e ao final do bônus demográfico, que são agravantes para o baixo desempenho econômico. Neste sentido, a nova abordagem leva a diagnosticar relações complexas entre o ser humano, o meio ambiente e o desenvolvimento, em que o crescimento da população não é o vilão do processo.

Em estudo realizado para a Província de Gansu na China, Wu et al. (2007) observaram que o índice coordenado do desenvolvimento populacional e da preservação dos recursos ambientais foi baixo no início da década de 1990, e em 2004 passou a ajuste secundário. Os autores ressaltam que, embora o indicador teve aumento no período, o índice de preservação do meio ambiente caiu gradativamente dentro do período estudado. O que leva a uma situação de desenvolvimento populacional à custa da exploração dos recursos naturais.

Wu e Niu (2012) relatam que o desenvolvimento populacional crescente da

China, se deve à redução do crescimento da população, ao aumento da população urbana, ao progresso na educação, ao aumento da esperança de vida ao nascer e a renda per capita crescente e com menos concentração. Isso corrobora com os resultados encontrados para o Brasil, já que essas variáveis possuem as mesmas características. Porém, o desenvolvimento populacional chinês e a preservação dos recursos naturais não possuem encadeamento. Com isso, os autores sugerem a otimização da estrutura da indústria, o aumento da eficiência na utilização dos recursos naturais e a sua proteção, bem como defendem o consumo moderado.

Ao estudar a interação populacional com o meio ambiente, em específico com os recursos hídricos no Estado de São Paulo, Carmo (2001) propõem que intervenções políticas, econômicas e tecnológicas podem ser formas de amenizar ou adiar o problema do limite dos recursos naturais. Sendo que, uma das formas de preservação do meio ambiente é o planejamento do ato de utilização dele. Instalações de indústria e urbanização em locais inapropriados geram efeitos adversos para o meio ambiente e para qualidade de vida da população.

Algumas variáveis de proteção ambiental não foram favoráveis, como as rendas totais dos recursos ambientais, que cresceram no período. Esse resultado vai de encontro com a visão de Becker (2013), em que a produção deriva da utilização maciça de recursos ambientais, além de discutir os efeitos negativos sobre a área florestal e a utilização de recursos fósseis não renováveis. Esses últimos efeitos, neste estudo, foram contrários ao esperado, pois o total de área florestal brasileira diminuiu e a produção de eletricidade a partir de fontes de petróleo e nucleares aumentou. Desta forma, ocorreram avanços no acoplamento entre o desenvolvimento da população e do meio ambiente, mas com questões específicas negativas.



Com relação ao desenvolvimento da população, grande parte das variáveis entre 1991 e 2014 teve comportamento conforme o esperado. Com ressalvas, conforme Martine e Alves (2015), que o aumento da renda per capita e da produtividade pode decorrer da utilização intensiva de recursos naturais, já que o Brasil possui disponibilidade. Com isso, tendo em vista que o meio ambiente possui um limite natural, medidas de preservação ambiental são importantes.

6. Considerações finais

A análise da população e o meio ambiente possui visões otimistas e pessimistas. De um lado encontra-se a ideia de que o crescimento da população é o principal agente unidirecional e causador da degradação ambiental. De outro lado, toma forma, principalmente a partir dos anos de 1990, a visão de que o crescimento populacional é um agravante, porém, a relação com o meio ambiente é mais complexa. O trabalho buscou verificar a relação entre o desenvolvimento populacional e a utilização dos recursos ambientais no Brasil, entre 1991 a 2014. A partir do cálculo de dois índices, de desenvolvimento populacional e de proteção do meio ambiente, e analisou-se o encadeamento de ambos.

O grau de desenvolvimento coordenado unidirecional, quando considerado apenas o crescimento absoluto da população, foi crescente em todo o período e chegou à harmonia favorável em 2008. Isso se deve à queda na taxa de crescimento populacional no período analisado, e faz do Brasil um caso específico à preocupação mundial. O envelhecimento populacional gera uma nova visão, no momento em que menos pessoas estarão no mercado de trabalho e com maior número de pessoas idosas para sustentar, questiona-se o novo modelo de produção. A tecnologia conseguirá suprir a redução da mão

de obra? Ou a pressão sobre os recursos ambientais aumentará?

O grau de desenvolvimento coordenado multidimensional, que envolve variáveis de aspectos qualitativos e quantitativos da população, do padrão de vida e da produtividade, teve um valor mínimo em 1999 e passou a aumentar nos anos posteriores, em 2013 chegou à harmonia favorável. Nesse sentido, cabe destacar o desempenho positivo do caso brasileiro com a utilização de energias renováveis e redução de produção de energia elétrica a partir de hidroelétricas. No entanto, é necessário evidenciar que algumas variáveis de proteção ambiental não apresentaram o desempenho esperado no período, o que gera uma preocupação em torno de o desenvolvimento populacional ser sustentado pela utilização dos recursos ambientais.

O estudo possui algumas limitações, no que tange a medida exclusivamente do desempenho no período, pois depende dos valores destes anos para ser calculado. Com isso, uma análise abrangendo outros anos, os resultados podem ter alterações. Outra carência encontra-se na análise do agregado, já que o cenário de cada estado brasileiro possui especificidades. Entretanto, a base de dados para a investigação é restrita.

No debate acerca do tema, poucas pesquisas se utilizam do método de componentes principais e do cálculo do índice coordenado de desenvolvimento populacional e proteção dos recursos naturais. Assim, seriam válidos à literatura sobre o assunto os esforços para futuros trabalhos incluindo outros países latino-americanos e que contemplem a abordagem. Em específico, salienta-se a importância de estudos com a inclusão da composição e da distribuição espacial da população na pressão sobre os recursos ambientais.



Referências

Alier, J. M., 1992. El ecologismo de los pobres. *Revista WANI* Vol. 125: 2-42. Nicaraguá.

Bandeira, M., 1996. Teorias da População e modernidade: O Caso português. *Análise Social* Vol. 31, No. 135: 7-43.

Becker, S., 2013. Has the world really survived the population bomb? (Commentary on “How the world survived the population bomb: Lessons from 50 years of extraordinary demographic history”). *Demography* Vol. 50, n.6: 2173-2181.

Brito, F. R., 2008. Transição demográfica e desigualdades sociais no Brasil. *Revista Brasileira de Estudos da População*, Vol. 25, n.1: 5-26, São Paulo.

Carmo, R.L., 2001. A água é o limite? Redistribuição espacial da população e recursos hídricos no Estado de São Paulo. Campinas. Tese de Doutorado em Demografia. Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas.

Carvalho, J. A. M., Sawyer, D. e R. N. Rodrigues, 1988. Introdução a alguns conceitos básicos e medidas demográficas: Belo Horizonte: Séries Textos Didáticos. N. 1 ABEP, 1994. 63 p. Disponível em: http://www.ifch.unicamp.br/pos/dm/selecao/2008/texto_carvalho.pdf.

Foladori, G., 2001. Limites do desenvolvimento sustentável. Campinas: Editora UNICAMP, São Paulo: Imprensa Oficial.

Furtado, C., 2000. Teoria e política do desenvolvimento econômico. 10 ed. São Paulo: Paz e Terra.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E. e R. L. Tatham, 2009. *Análise multivariada de dados*. Porto Alegre: Ed. Bookman.

Hogan, D. J., 1991. Crescimento demográfico e meio ambiente. *Revista Brasileira de Estudos de População* Vol. 8, n.1: 61-71.

Hogan, D. J., 1993. População, pobreza e poluição em Cubatão, São Paulo. *População, meio ambiente e desenvolvimento: verdades e contradições*. Campinas: Ed. da Unicamp, p. 101-131.

Hogan, D. J., 2007. População e meio ambiente: a emergência de um novo campo de estudos. In. *Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro*, Campinas: Núcleo de Estudos de População-Nepo/Unicamp. p. 13-58.

Hogan, D. J., 2014. Crescimento demográfico e meio ambiente. *Revista Brasileira de Estudos de População* Vol. 8, n.1: 61-71.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)., 2019. *Projeção da População*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>, Acesso em: out. 2019.

Lam, D., 2011. How the world survived the population bomb: Lessons from 50 years of extraordinary demographic history. *Demography* Vol. 48, n. 4: 1231-1262.

Lee, R. D., 2003. The demographic transition: Three centuries of fundamental change. *Journal of Economic Perspectives* Vol. 17, n. 4: 167-190.

Li, Y., Qi, Y. e X. Liu, 2017. Evolution Analysis of the Coupling Between Resource-environment and Population-economy in Six Western Provinces Along the “Silk Road Economic Belt”. *Transactions on Social Science, Education and Human Science*. 3rd International Conference on Social Science and Management (ICSSM 2017). Disponível em: <<http://www.dpi-proceedings.com/index.php/dtssehs/article/view/10399/9950>>, Acesso em: jun. 2018.

Liao, C. B., 1999. Quantitative judgement and classification system for coordinated development of environment and economy—A case study of the city group in the Pearl River Delta. *Tropical Geography* Vol 19, n. 2: 171-177.

Malthus, T. R., 1983. *Ensaio sobre a população*. São Paulo: Abril Cultural.



Martine, G., 2007. O lugar do espaço na equação população/meio ambiente. *Revista Brasileira de Estudos de População* Vol. 24, n. 2: 181-190.

Martine, G. e J. E. D. Alves, 2015. Economia, sociedade e meio ambiente no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade?. *Revista Brasileira de Estudos de População* Vol. 32, n. 3: 433-460.

Martine, G., Ojima, R. e E. Marandola Jr., 2015. Dinâmica populacional e a Agenda Ambiental brasileira: distribuição espacial, desastres naturais e política de adaptação, Ed. 1, Brasília: UNFPA.

Meadows, D. H., Meadows D. L., Randers, J. e W. W. Behrens, 1972. *Limites do crescimento*. São Paulo: Editora Perspectiva S.A.

Mingoti, S. A., 2005. *Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada*. Minas Gerais: Editora da UFMG.

Organização das Nações Unidas (ONU), 2018. A ONU e a população mundial. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/populacao-mundial/>>, Acesso em: abr., 2018.

Romeiro, A. R., 2003. Economia ou economia política da sustentabilidade. In: May, Peter H.; Lustosa, Maria Cecília e Vinha, Valéria da (Orgs.). *Economia do meio ambiente – teoria e prática*. Rio de Janeiro: Elsevier.

Silva, J. A. B., Fontana, R. L. M., Costa, S. S. e A. J. Rodrigues, 2015. Teorias demográficas e o crescimento populacional no mundo. *Caderno de Graduação-Ciências Humanas e Sociais-UNIT* Vol. 2, n. 3: 113-124.

Stampe, M. Z., 2013. Três ensaios sobre mudança demográfica e seus impactos nas economias brasileira e gaúcha. Tese de doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

The World Bank, 2018. World Bank Open Data Disponível em: <<https://data.worldbank.org/>>, Acesso em : abr., 2018.

Veiga, J. E., 2010. *Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI*. Rio de Janeiro: Garamond.

Wu, W. e S. Niu, 2012. Evolutional analysis of coupling between population and resource-environment in China. *Procedia Environmental Sciences*, Singapore: Elsevier. Vol. 12: 793-801.

Wu, W. et al., 2007. The evolutional analysis of coupling relationship between population and resource-environment in Gansu Province, China. In: *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2007. IGARSS 2007*. IEEE International, p. 1824-1827.



APÊNDICES: Apêndice A – Cargas fatoriais e comunalidades para as quarenta e nove variáveis representativas de desenvolvimento populacional e utilização de recursos ambientais e os quatro fatores extraídos, por meio da rotação ortogonal Varimax.

Variável	Fatores				Comunalidade
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	
x ₁	0,92	-0,22	-0,27	-0,08	0,99
x ₂	-0,28	0,24	0,85	0,15	0,89
x ₃	- 0,83	0,25	0,46	0,13	0,99
x ₄	0,89	-0,26	-0,31	-0,11	0,99
x ₅	0,95	-0,17	-0,11	0,07	0,95
x ₆	0,69	0,31	-0,56	-0,19	0,93
x ₇	- 0,96	0,07	0,22	-0,01	0,97
x ₈	0,92	-0,23	-0,26	-0,08	0,99
x ₉	0,94	-0,19	-0,26	-0,06	0,99
x ₁₀	0,90	-0,32	-0,22	-0,08	0,97
x ₁₁	- 0,89	0,28	0,31	0,13	0,99
x ₁₂	0,90	-0,04	-0,37	-0,11	0,96
x ₁₃	- 0,69	0,58	0,14	0,13	0,86
x ₁₄	0,37	- 0,66	-0,43	-0,16	0,79
x ₁₅	0,92	0,11	-0,22	0,10	0,92
x ₁₆	0,16	- 0,77	-0,11	0,17	0,66
x ₁₇	0,85	-0,14	0,32	0,00	0,85
x ₁₈	-0,16	0,04	0,08	0,94	0,92
x ₁₉	-0,26	0,27	0,82	-0,17	0,85
x ₂₀	0,90	0,35	-0,01	-0,11	0,95
x ₂₁	0,03	-0,38	-0,04	0,88	0,93
x ₂₂	0,03	0,89	0,11	-0,17	0,84
y ₁	0,09	- 0,96	-0,19	0,04	0,98
y ₂	0,95	-0,13	0,15	0,20	0,98
y ₃	0,03	0,17	0,94	0,16	0,94
y ₄	0,14	- 0,76	-0,02	-0,28	0,68
y ₅	0,93	0,03	0,27	0,17	0,98
y ₆	0,52	-0,08	0,31	0,67	0,83
y ₇	0,94	-0,16	0,10	0,14	0,95
y ₈	0,81	0,16	0,42	-0,19	0,91
y ₉	0,84	0,09	-0,07	-0,01	0,73
y ₁₀	0,96	-0,14	0,08	0,19	0,99
y ₁₁	- 0,93	0,31	0,03	0,08	0,98
y ₁₂	0,89	-0,38	-0,16	-0,14	0,99
y ₁₃	0,57	-0,27	0,59	-0,25	0,82
y ₁₄	0,95	-0,16	0,19	0,08	0,98
y ₁₅	- 0,90	0,13	-0,39	-0,05	0,98
y ₁₆	-0,00	0,97	-0,13	-0,10	0,97
y ₁₇	0,88	-0,41	0,00	0,18	0,99
y ₁₈	- 0,94	0,17	-0,23	-0,09	0,98
y ₁₉	-0,64	0,14	0,65	-0,15	0,89
y ₂₀	0,19	0,08	-0,23	0,89	0,90
y ₂₁	- 0,85	0,33	-0,13	0,04	0,85
y ₂₂	0,94	-0,12	-0,15	0,19	0,97
y ₂₃	0,95	-0,11	-0,11	0,19	0,97
y ₂₄	-0,20	0,95	0,06	-0,04	0,96
y ₂₅	0,94	0,05	0,11	0,18	0,94
y ₂₆	0,85	0,16	0,17	0,12	0,79
y ₂₇	-0,40	0,01	- 0,76	0,17	0,78

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa.

**Apêndice B – Resultados do IIDP ($f(x)$), do IIPR ($g(y)$) e do Grau de desenvolvimento coordenado (D) multidimensional e unidimensional para os anos de 1991 a 2014 no Brasil**

Ano	$f(x)$	$g(y)$	D (Multidimensional)	D (Unidimensional)
1991	0,29	0,23	0,50	0
1992	0,18	0,21	0,44	0,26
1993	0,14	0,21	0,40	0,36
1994	0,25	0,21	0,47	0,40
1995	0,23	0,21	0,47	0,41
1996	0,28	0,17	0,44	0,41
1997	0,38	0,16	0,43	0,41
1998	0,43	0,15	0,42	0,41
1999	0,45	0,15	0,41	0,42
2000	0,54	0,16	0,43	0,44
2001	0,27	0,18	0,45	0,46
2002	0,22	0,24	0,48	0,53
2003	0,27	0,32	0,54	0,61
2004	0,23	0,36	0,52	0,65
2005	0,31	0,42	0,59	0,69
2006	0,32	0,47	0,77	0,76
2007	0,36	0,52	0,64	0,77
2008	0,46	0,59	0,71	0,82
2009	0,49	0,56	0,72	0,81
2010	0,53	0,59	0,74	0,82
2011	0,63	0,61	0,79	0,84
2012	0,69	0,59	0,79	0,83
2013	0,70	0,59	0,80	0,83
2014	0,75	0,61	0,81	0,84

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa.