

POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE ENTROPIA NAS CIÊNCIAS SOCIAIS E NA DEMOGRAFIA

*Joice Melo Vieira**

Resumo: O objetivo deste trabalho é apresentar o conceito de entropia e os princípios de cálculo mais elementares utilizados na aplicação da técnica de análise de entropia para estudantes e pesquisadores pouco familiarizados com métodos quantitativos. Procuramos ilustrar o ensaio sugerindo situações em que esta técnica pode ser útil. Em um primeiro exemplo, utilizamos a análise de entropia para descrever transformações de status ao longo do curso de vida. Em um segundo exemplo, a técnica é utilizada para apreender a crescente heterogeneidade dos arranjos familiares entre 1970 e 2010 no Brasil. Dependendo do fenômeno a ser retratado, a análise de entropia descreve o grau de heterogeneidade, desordem ou desigualdade existente em um determinado sistema. Trata-se fundamentalmente de uma técnica de decomposição que permite retratar o quanto um todo se encontra fragmentado.

Palavras-chave: entropia; metodologia; curso de vida; família.

Abstract: The objective of this paper is to present the concept of entropy and the most elementary principles of calculation used in the application of entropy analysis for students and researchers unfamiliar with quantitative methods. We seek to illustrate situations where this technique can be useful. In a first example, we used the entropy analysis to describe changes of status across the life course. In a second example, the technique is used to capture the increasing diversity of family arrangements between 1970 and 2010 in Brazil. Depending on the phenomenon being depicted, the entropy analysis describes the degree of heterogeneity, disorder and inequality in a given system. It is essentially a decomposition technique that allows portray as a whole is fragmented.

Keywords: entropy; methodology; life course; family.

* Professora do Departamento de Demografia (IFCH) e pesquisadora do Núcleo de Estudos de População (Nepo/Unicamp). E-mail: jmvieira@nepo.unicamp.br

O objetivo deste trabalho é apresentar o conceito de entropia e os princípios de cálculo mais elementares utilizados na aplicação da técnica de análise de entropia para estudantes e pesquisadores pouco familiarizados com métodos quantitativos. Procuraremos ilustrar o ensaio sugerindo situações em esta técnica pode ser útil.

À primeira vista, para estudiosos ainda pouco familiarizados com os métodos quantitativos, pode parecer estranho que um conceito como o de entropia, originalmente desenvolvido por físicos, possa ser aplicado às ciências sociais e à demografia. Entretanto, como buscaremos demonstrar, a aplicação da técnica de análise de entropia permite mensurar a evolução de processos sociais extremamente complexos, de maneira relativamente simples e sintética. A palavra entropia – do grego *en* = em; *trope* = transformação – significa a rigor *algo em transformação* (Colovan, 2004, p 14).

No campo de estudos dos fenômenos físicos, mais precisamente aqueles dedicados à termodinâmica – onde o conceito foi primeiramente empregado – a entropia é uma forma de mensurar a transformação da matéria. O fato de uma determinada matéria assumir uma forma mais ou menos ordenada, seja esta matéria viva ou inerte, depende do grau de agitação térmica de seus componentes e de sua complexidade estrutural e funcional. A entropia é a “grandeza que exprime exatamente o número de microestados correspondentes a um determinado estado de um sistema material” (Tronconi et al. 1991). Quanto maior o grau de agitação térmica e quanto mais segmentado for o todo que constitui a matéria, maior será a entropia.

Por vezes, a entropia é considerada uma medida de “desordem” de um sistema, sendo a análise de entropia até mesmo uma forma de mensurar e descrever o caos. Hipoteticamente, quando um sistema atinge sua entropia máxima, é porque atingiu o seu grau máximo de agitação e segmentação ou fragmentação interna. Isto é entendido como uma situação condizente com o caos. Uma visão equivocada do caos o associa à completa ausência de ordem, quando o caos na verdade é a expressão de que o sistema se comporta de maneira totalmente aleatória e,

portanto, imprevisível (Paiva, 2001). A própria aleatoriedade pode ser interpretada como uma norma. Em um contexto de caos, duas partículas extremamente similares podem se comportar de modo inteiramente distinto, por conseguinte, é impossível antecipar resultados, pois todos os desfechos possíveis possuem a mesma probabilidade de ocorrer.

Do ponto de vista matemático, a análise de entropia é uma técnica de decomposição. Dito de maneira muito singela, dada uma totalidade, procura-se desvendar as componentes do todo. Como dizia Theil (1972), as técnicas de decomposição se ocupam em esmiuçar as partes que compõem o todo, sendo a entropia uma medida de quão segmentado está este todo, do quanto ele se encontra dividido internamente. Neste sentido, a entropia é também uma medida de heterogeneidade. Para uns, maior heterogeneidade representa intensa transformação, para outros a desordem ou mesmo o caos. Mas um ponto que cremos ser consensual é que: quanto maior a entropia, maior a complexidade de um fenômeno.

A difusão do conceito e da técnica de análise de entropia para áreas tão diversas como a Economia e as Ciências da Informação, ocorreu em grande parte devido aos esforços de Henri Theil. O índice de Theil, amplamente utilizado na Economia, tem por fundamento a análise de entropia, onde uma grande heterogeneidade na distribuição da renda é expressão de desigualdade. Quanto maior o índice de Theil, maior a desigualdade de renda em uma sociedade (Akita, 2000; Barros et al., 2006; Araújo, Salvato e Souza, 2008).

Em 1972, Theil, então professor na Universidade de Chicago, editou o livro “Statistical Decomposition Analysis with Applications in the Social and Administrative Sciences”. Deve-se destacar que após a Segunda Guerra Mundial as técnicas estatísticas e matemáticas aplicadas às ciências sociais estavam em franca expansão. No período em que Theil edita este livro os métodos quantitativos já haviam se firmado como um importante “aparato das ciências sociais e administrativas modernas”, nas palavras do próprio autor. Como ele próprio explica no prefácio do livro, o objetivo desta obra era romper as barreiras das diferentes áreas

do conhecimento, reunindo trabalhos teóricos e empíricos que discutem técnicas de decomposição passíveis de serem utilizadas na Economia, Sociologia, Ciência Política e Administração. A ideia era apresentar o potencial dos métodos quantitativos evidenciando que, se bem utilizados, eles poderíamos nos oferecer novas perspectivas sobre questões sociais candentes.

A maioria dos trabalhos que utiliza a análise de entropia está redigida em inglês e raramente eles descrevem passo a passo as etapas de cálculo de uma maneira compreensível para cientistas sociais com pouca familiaridade com métodos quantitativos. Mas podemos dizer que, em Ciências Sociais, sempre que for pertinente sabermos o quanto uma distribuição se encontra segmentada internamente ou, quando estivermos diante de uma comparação entre vários grupos e for útil sabermos qual deles é mais heterogêneo, é possível que estejamos diante de uma situação em que a análise de entropia poderia ser aplicada. A seguir, apresentaremos duas situações em que empregamos a análise de entropia.

Análise de entropia aplicada à descrição do curso de vida

Boa parte da teoria sobre o curso da vida se fundamenta de uma forma ou outra nos conceitos-chave de trajetória e transições. Enquanto o conceito de trajetória dá conta da dinâmica de longa duração do curso da vida (é o próprio desenrolar da linha da vida dos indivíduos), o conceito de transição dá conta de períodos de guinadas ou ajustes nesta trajetória. Transições são períodos mais curtos e circunscritos no tempo, mas nem por isso menos importantes. Transições sinalizam o fim e o início de etapas de uma trajetória (Macmillan, 2005).

De acordo com Macmillan (2005, p. 4), o principal eixo do debate atual deriva de evidências de que o curso de vida estruturado, fundado em um conjunto normativo de etapas ordenadas em um contínuo, cede espaço a “conformações novas e potencialmente problemáticas”. Isto se verifica na descompressão

dos marcos da vida adulta (por exemplo, maior espaçamento temporal entre a saída da casa dos pais e o casamento); aumento da sobreposição dos papéis sociais (estudar e trabalhar ou aposentar-se e não se retirar completamente do mercado de trabalho); aumento da reversibilidade e instabilidade dos papéis sociais (o filho que retorna à casa paterna depois de ter tido a experiência de viver só ou em união conjugal) e desarticulação dos diferentes papéis que se tornam difíceis de conciliar ao longo das trajetórias individuais no decorrer da vida (sobretudo, as tensões entre vida familiar e profissional).

A técnica de análise de entropia mostra-se robusta para descrever transições no curso de vida. Isto porque pode ser usada como uma medida sintética do grau de heterogeneidade encontrado na distribuição dos indivíduos em múltiplas combinações de status (escolar, produtivo, residencial, marital e parental) nas diferentes idades ao longo do curso de vida.

Imaginemos uma situação hipotética onde todas as crianças de 10 anos de idade moram com os pais, estudam, não trabalham, não estão envolvidas em uniões conjugais ainda e obviamente ainda não tem filhos. Se todas as crianças estão nesta combinação de status, a entropia será algo muito próximo de zero, ou seja, muito próximo da total homogeneidade. À medida que as crianças crescem, parte delas começa a transitar para combinações de status diferentes desta, logo o índice de entropia aumenta. Em outras palavras, não há um perfil necessariamente hegemônico, vão surgindo outras combinações de status de forma que o perfil dos adolescentes é mais heterogêneo que aquele das crianças: adolescentes que trabalham, estudam e moram com os pais; adolescentes que trabalham, não estudam, têm filhos e já não moram com os pais, etc. Em certa fase da vida, boa parte das pessoas assumem posições muito similares novamente: muitas delas serão pais e mães, elas estarão unidas, já não estudarão e estarão inseridas no mercado de trabalho. Nesta fase, a entropia (heterogeneidade dos perfis a determinada idade) diminuirá ou se estabilizará porque já não haverá muitas pessoas mudando de status. Desta forma, a entropia pode descrever o curso de vida,

identificando na trajetória de uma coorte real ou sintética¹, as fases de mudanças de status mais intensas, isto é, os momentos de transição.

Para exemplificar isto, utilizamos os dados dos censos demográficos de 1970 e 2000 retratando o caso específico do Estado de São Paulo. Trata-se de dois momentos bastante distintos da história socioeconômica e demográfica brasileira. Uma particularidade do censo de 1970 em relação aos demais censos realizados no Brasil é o fato de ter sido levado a cabo em plena ditadura militar, em meio ao “milagre econômico” e à intensificação das migrações internas, sendo por isso mesmo uma poderosa radiografia de uma sociedade sob o impacto do êxodo rural, da concentração populacional nos grandes centros urbanos, acompanhada pelo fenômeno da favelização. Um país que se maravilhava com as possibilidades abertas pela modernização, mas que também já evidenciava marcas de tensões sociais produzidas pelo acirramento das desigualdades e da pobreza que estavam longe de serem aplacadas pelo crescimento econômico e desenvolvimento que se colocavam em marcha.

O censo de 2000 retrata um país que ainda padece de graves problemas sociais. Porém o cenário é outro, marcado pela consolidação do regime democrático e pela maior abertura e dependência da economia nacional em relação aos reveses da globalização. Essas linhas contextuais gerais distintas em 1970 e 2000 podem coincidir com formas diferentes de organizar e vivenciar o curso de vida, mais ou menos padronizadas, segundo as alternativas e constrangimentos de cada período.

¹ Chamamos de coorte um conjunto de pessoas que vivenciam um mesmo evento em um mesmo período do tempo. Por exemplo, a coorte de nascimento de 1980, se refere ao conjunto de pessoas que nasceram naquele ano. Uma coorte hipotética ou sintética é um constructo abstrato em que assumimos que uma coorte assumirá no futuro o mesmo comportamento verificado nos diferentes grupos etários observados em um ponto circunscrito no tempo. Consiste em assumir que daqui a 50 anos, as crianças que estão com 10 anos hoje irão se comportar como as pessoas que tem 60 anos atualmente.

Vamos supor que estejamos interessados em descrever o processo de transição para a vida adulta de mulheres segundo a renda domiciliar per capita: as mulheres que se encontravam no primeiro quintil de renda domiciliar per capita foram consideradas de baixa renda e aquelas que se encontravam no quinto quintil, foram consideradas de alta renda. Para este exemplo vamos nos ater à faixa etária 13 a 44 anos, com o objetivo de melhor captar o momento em que começam a transitar da posição exclusiva de estudante para a de estudante-trabalhador e trabalhador; de filho para chefe de domicílio; de solteiro para cônjuge e também no caso das mulheres para as quais há informação sobre número de filhos, considerar ainda a transição para a maternidade.

Para realizar o cálculo da entropia, usaremos como *input* a distribuição das pessoas em cada idade simples segundo todas as combinações de respostas binárias possíveis considerando os status indicados no Quadro I:

Quadro I - Apropriação de quesitos censitários para fins de análise combinatória

Status na transição para a vida adulta	Quesitos do Censo 1970	Quesitos do Censo 2000
Status educacional Estudante <i>versus</i> não-estudante (indicativo de término, interrupção ou abandono da formação escolar)	16 – Freqüente escola? () Sim () Não	4.29 – Freqüente escola ou creche? () 1 - sim, rede particular () 2 - sim, rede pública () 3 - não, já freqüentou () 4 - nunca freqüentou
Status ocupacional Trabalhador (membro da PEA) <i>versus</i> não-trabalhador (indicativo de dependência econômica)	22 – Se não trabalha, nem procura trabalho, qual a ocupação ou situação que tem e considera principal? () afazeres domésticos () estudante () aposentado () vive de renda () doente ou inválido () detento () sem ocupação () trabalha ou procura trabalho.	4.39 – Na semana..., trabalhou em alguma atividade remunerada? 4.40 – Na semana..., tinha algum trabalho remunerado do qual estava temporariamente afastado? 4.41 – Na semana..., ajudou, sem remuneração, no trabalho exercido por pessoa conta-própria ou empregadora, moradora do domicílio, ou como aprendiz ou estagiário? 4.42 – Na semana..., ajudou, sem remuneração, no trabalho exercido por pessoa moradora do domicílio empregada em atividade de cultivo, extração vegetal, criação de animais, caça, pesca ou garimpo? 4.43 – Na semana..., trabalhou em atividade de cultivo, extração vegetal, criação de animais, caça ou pesca, destinados à alimentação de pessoas moradoras no domicílio? 4.55 – No período de 30 de junho a 29 de julho, tomou alguma providência para conseguir trabalho?
Status residencial Dependência <i>versus</i> autonomia residencial (se o jovem ocupa a posição de responsável pelo domicílio ou de cônjuge do responsável)	4 – Parentesco ou relação com o chefe. () 1. chefe () 2. cônjuge () 3. filho () 4. pais ou sogros () 5. genro ou nora () 6. neto () 7. outro parente () 8. empregado () 9. individual (em domicílio coletivo)	4.02 – Qual é a relação com a pessoa responsável pelo domicílio? () 01. pessoa responsável () 02. cônjuge, Companheiro(a) () 03. filho(a), enteado(a) () 04. pai, mãe, sogro(a) () 05. neto(a), bisneto(a) () 06. irmão, irmã () 07. outro parente () 08. agregado () 09. pensionista () 10. empregado(a) doméstico(a) () 11. parente do(a) empregado(a) doméstico(a) () 12. individual em domicílio coletivo

Status conjugal Esteve/está em união versus nunca esteve unido(a)	19 – Se vive em companhia de cônjuge – esposa(o), companheira(o), etc. – indicar a natureza da união. <input type="checkbox"/> 1. casamento civil e religioso <input type="checkbox"/> 2. só casamento civil <input type="checkbox"/> 3. só casamento religioso <input type="checkbox"/> 4. Outra Se não vive em companhia de cônjuge – esposa(o), companheira(o), etc. – indicar se é: <input type="checkbox"/> 5. solteiro <input type="checkbox"/> 6. separado <input type="checkbox"/> 7. Desquitado <input type="checkbox"/> 8. Divorciado <input type="checkbox"/> 9. Viúvo	4.37 – Qual é (era) a natureza da última união? <input type="checkbox"/> 1. casamento civil e religioso <input type="checkbox"/> 2. só casamento civil <input type="checkbox"/> 3. só casamento religioso <input type="checkbox"/> 4. união consensual <input type="checkbox"/> Nunca viveu
Status parental Iniciou a constituição de prole versus nunca teve filhos	29 – Quantos filhos nascidos vivos teve, até a data do censo?	4.62 – Quantos(as) filhos(as) nascidos(as) vivos(as) teve até 31 de julho de 2000?

Fonte: IBGE - Questionários dos Censos demográficos de 1970 e 2000. Elaboração própria.

A técnica proposta consiste em calcular índices de entropia a partir de combinações de status (se estudante, trabalhador, chefe de domicílio, cônjuge) por idade específica assumindo os dados do censo como compondo uma coorte sintética (Fussell, 2006). Assim, o primeiro passo é identificar as variáveis que representarão os status pertinentes para o estudo da transição para a vida adulta e transformá-las em variáveis *dummy* (dicotômicas):

Do ponto de vista de seu potencial explicativo, a técnica serve para medir diferenças no *timing* da transição para a vida adulta ao longo do tempo, pela comparação de duas ou mais coortes sintéticas tomadas de uma sequência de levantamentos censitários ou de apenas dois censos que retratam momentos históricos distintos. Além disso, viabiliza a comparação do processo de transição para a vida adulta (ou de outras transições) entre subgrupos de

uma mesma coorte sintética mediante a exploração de clivagens fundadas no sexo, na situação de domicílio (rural ou urbano), na renda, na cor/raça entre outras segmentações que as informações dos censos envolvidos na análise permitirem.

Todo o raciocínio baseia-se na utilização do índice de entropia geral de Theil (1972):

Fórmula 1

$$E = \sum_{s=1}^S p_s \log\left(\frac{1}{p_s}\right)$$

Onde, S indica uma determinada combinação de status a uma idade x e p_s é a proporção da população desta idade na combinação de status S . O cálculo da entropia é obtido pelo produto da proporção da população da idade x na combinação de status considerada pelo log natural da probabilidade inversa dessa mesma proporção. A somatória de todas as medidas assim construídas considerando cada combinação de status possível para a população de uma dada idade específica resulta em um número, o índice de entropia geral, que indica o grau de heterogeneidade das combinações de status àquela determinada idade (Billari, 2001; Fussell, 2006).

A amplitude do índice de entropia geral varia de 0, quando há perfeita homogeneidade (ou seja, todos os indivíduos estariam concentrados em uma única combinação de status) até a entropia máxima (máxima heterogeneidade, situação na qual haveria exatamente o mesmo número de indivíduos em cada uma das combinações de status possíveis). O valor numérico da entropia máxima depende de quantos status estão sendo combinados, já que no cálculo da entropia máxima é preciso conhecer o número total de combinações de status possíveis:

Fórmula 2

$$E_{\max} = C_s * \left\{ (1/C_s) * \ln [1/(1/C_s)] \right\}$$

Sendo, E_{\max} a entropia máxima e C_s o número total de combinações de status possíveis.

Para que o índice de entropia se torne uma grandeza de mais fácil compreensão, Fussell (2006) sugere que ele seja transformado em uma porcentagem da entropia máxima.

Quanto mais próximo de 100% (entropia máxima), maior é a dispersão dos indivíduos em diferentes combinações de status. Inversamente, quanto mais próximo de zero, mais os indivíduos estão concentrados em algumas poucas combinações de status, havendo, por conseguinte, uma estrutura mais rígida de papéis assumidos por grande parte das pessoas àquela idade.

Calculando-se os índices de entropia por idade específica conforme foi descrito acima e, a partir desses resultados, construindo um gráfico simples de linhas, é possível identificar as idades em que o processo de transição para a vida adulta se intensifica bem como quando atinge o seu ápice.

O recurso gráfico permite visualizar que, partindo de idades mais próximas à infância (quando a maioria das pessoas está concentrada em uma combinação de status bem característica: a de estudante, que não trabalha, é na maioria das vezes dependente de um dos pais ou de ambos, nunca teve uma experiência conjugal e não tem filho), os índices de entropia são sempre mais baixos. À medida que a idade avança e as pessoas mudam de status assumindo novos papéis sociais, os índices de entropia começam a aumentar até alcançar um clímax, que caracteriza as idades nas quais há maior heterogeneidade de combinações de status, o que evidencia uma maior efervescência de transformações que fazem parte da própria condição juvenil. Ou seja, a passagem de uma coorte à vida adulta se expressa quando boa parcela das

pessoas escapa da combinação típica da figura do estudante-filho-dependente, exercendo funções inerentes ao universo adulto.

Analogamente, idades nas quais o índice de entropia cai ou relativamente estabiliza-se, podem ser consideradas como o fim do período de transição, pois se subentende que a tendência é de nova concentração em uma combinação de status dominante, a de trabalhador, com domicílio independente da família de origem e que já constituiu sua própria família.

Com os dados do censo, podemos obter informações sobre cinco status (escolar, produtivo, residencial, marital e parental), logo, a entropia máxima será:

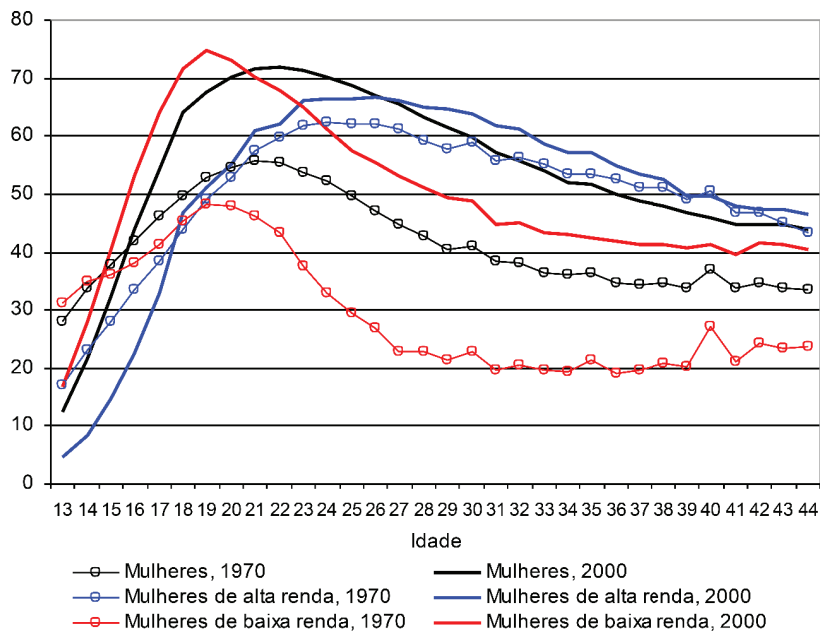
$$\text{Max Ex} = 32 * \{(1/32) * \ln [1/(1/32)]\} = 3,466$$

Deve estar claro que temos 32 combinações de status possíveis porque estamos lidando com variáveis binárias, há apenas duas opções (sim/não) e 5 status. Portanto:

$$2^5 = 32$$

Considerando o acima exposto, obtemos a seguinte representação gráfica:

Gráfico 1 – Índice de entropia segundo a renda domiciliar per capita para mulheres paulistas, 1970 e 2000



Fonte: IBGE, microdados dos Censos Demográficos de 1970 e 2000. Elaboração própria.

Como podemos interpretar o gráfico acima? Como era esperado, a heterogeneidade de combinações de status é menor nas primeiras idades, dado as meninas tenderiam a se enquadrar mais na posição de estudante, dependente, solteira e sem filhos. Seja em 1970 ou em 2000, a heterogeneidade é maior entre as meninas de baixa renda posto que elas escapam mais deste perfil idealizado de estudante dependente, solteira e sem filhos. O ápice de heterogeneidade é atingido primeiro pelas meninas de baixa renda seja em 1970, seja em 2000, posto que elas assumem papéis adultos mais precocemente: o ápice da curva que descreve o grau

de heterogeneidade ao longo do curso de vida de mulheres de baixa renda se dá ao redor dos 19-20 anos, enquanto entre as mulheres de alta renda ocorre entre 23-24 anos. Após os 19 anos em 1970 e depois dos 22 anos em 2000, ocorrem inversões e o curso de vida das mulheres de baixa renda dá mostras de ser menos heterogêneo que aquele das mulheres de alta renda (as linhas vermelhas e azuis se cruzam e o índice de entropia passa a ser menor entre as mulheres de baixa renda se comparado às aquelas de alta renda). Em síntese, no início da adolescência notamos que as mulheres de alta renda estão concentradas em umas poucas combinações dos 5 status considerados, se aproximam mais do padrão ideal de uma adolescência protegida pela família e dedicada aos estudos. Mas passado o período de mais intensa mudança de status representado pelos ápices das curvas do Gráfico 1, as mulheres de alta renda passam a ter perfis menos padronizados do que as mulheres de baixa renda. Aspectos mais detalhados da interpretação deste tipo de gráfico podem ser encontrados em (Fussell, 2005; Vieira, 2008 e Vieira e Miret, 2010).

A grande vantagem da análise de entropia é que permite retratar e interpretar distribuições muito complexas. O Gráfico 1 na verdade condensa em cada linha a informação de uma tabela de 32 linhas (combinações de status) x 32 colunas (idade de 13-44 anos). Um gráfico como este com 6 linhas sintetiza a informação de 6 tabelas de 32 linhas x 32 colunas, tabelas que dificilmente poderiam ser apresentadas em um artigo acadêmico.

Análise de entropia aplicada à mensuração da pluralidade de formas de família

Vejamos um segundo exemplo de aplicação da análise de entropia. Diversos estudos no Brasil e no exterior têm documentando ao longo das últimas décadas a emergência de uma pluralidade de formas de família. Menciona-se frequentemente na mídia e na academia a crescente multiplicidade do ambiente de criação de filhos. Cada vez mais crianças crescem em lares que não

se enquadram nos moldes da família nuclear. Lares monoparentais ou compostos por mais de duas gerações, ou que assimilam parentes colaterais, convivem lado a lado com a sacralizada tríade pai-mãe-filhos.

O objetivo deste tópico é mensurar o quanto a família brasileira se tornou mais heterogênea entre 1970 e 2010. Neste caso a análise de entropia é aplicada para medir a heterogeneidade das estruturas familiares ao longo de 1970-2010 segundo grupo etário das pessoas. O objetivo deste experimento é perceber como se comporta a distribuição das pessoas nos distintos arranjos familiares com o avançar da idade. Quanto mais próximo de zero, mais homogêneo é o ambiente familiar, por conseguinte, quanto maior o índice de entropia, maior o grau de heterogeneidade encontrado nas configurações familiares.

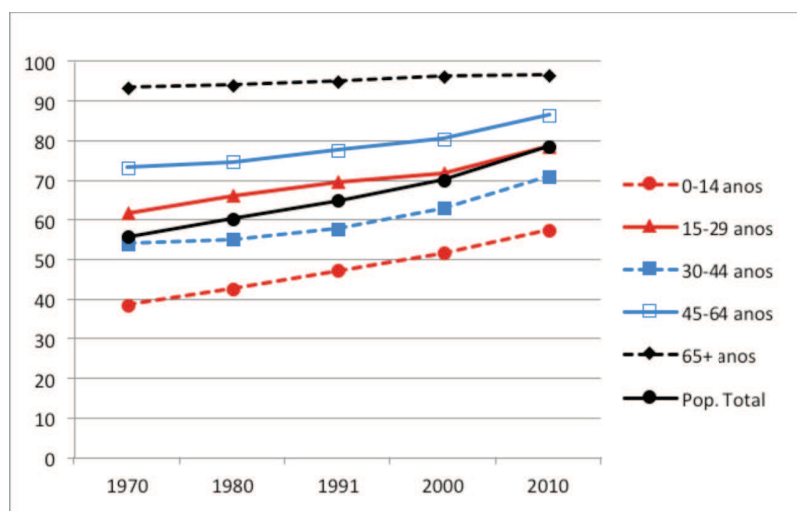
Dito de outra forma, o índice de entropia mede o quanto os indivíduos estão dispersos nas diferentes categorias de arranjo familiar. Quanto mais dispersos em diferentes possibilidades de arranjos, mais heterogêneo é o ambiente familiar em que as pessoas se encontram. Neste exemplo consideramos oito tipos de arranjos domiciliares: 1) domicílio unipessoal; 2) casal sem filhos; 3) casal sem filhos e com parentes; 4) casal com filhos; 5) monoparental; 6) biparental com parentes; 7) monoparental com parentes e 8) outros.

O cálculo do índice é efetuado considerando exatamente a fórmula 1 indicada anteriormente. Entretanto, agora S indica uma determinada categoria de arranjo familiar, x é o grupo social em análise (grupo etário, cor, quintil de renda domiciliar per capita, etc.) e P_s é a proporção de indivíduos do grupo social em análise na categoria de arranjo familiar S em um determinado ano. Assim, se todos os indivíduos estiverem concentrados em uma única categoria de arranjo familiar, o valor da entropia será igual a zero.

Como neste exemplo estamos considerando oito categorias de arranjo familiar, a entropia máxima será dada por $E = 8 * \{(1/8) * \ln [1/(1/8)]\} = 2,079$. Em uma situação hipotética em que caso fosse possível encontrar exatamente o mesmo número de pessoas em cada uma das oito categorias de arranjo familiar, esta realidade

seria sintetizada pela entropia máxima 2,079. Como valores que variam entre 0 e 2,079 não são de muito fácil apreensão e leitura, transformamos os índices de entropia de cada grupo social em uma porcentagem da entropia máxima. Por isso nossos indicadores de grau de heterogeneidade (os índices de entropia), variam de zero a cem.

Gráfico 2 – Brasil, 1970-2010: Evolução do grau de heterogeneidade das configurações familiares de acordo com o grupo etário



Fonte: IBGE, microdados dos Censos Demográficos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010. Elaboração própria.

O Gráfico 2 permite notar que de fato os arranjos familiares se tornaram em geral mais heterogêneos entre 1970 e 2010, sendo este comportamento mais acentuado para o grupo etário de 0-14 anos. A heterogeneidade dos arranjos familiares em que as pessoas se encontram tende a aumentar com o avançar da idade. Especialmente para os grupos etários de 45-64 anos e 65+ anos a heterogeneidade dos arranjos domiciliares é muito elevada ao

longo de toda a série história aqui contemplada. Sobretudo no grupo 65+ anos, os índices de entropia estão muito próximos da entropia máxima, sinalizando que as pessoas neste grupo etário estão dispersas pelos mais variados arranjos familiares. Considerando exclusivamente o critério etário, os indivíduos de 65+ anos têm praticamente as mesmas chances de residir nos diferentes arranjos familiares.

O Gráfico 2 tal como foi construído tem o poder de sintetizar em cada linha que o compõe a informação de uma tabela 8 x 5 (distribuição de cada um dos grupos etários considerados segundo uma tabela que contemple nas linhas os 8 arranjos familiares e nas colunas cada um dos 5 censos aqui considerados).

Observações Finais

A análise de entropia pode ser aplicada às mais diferentes temáticas de pesquisa em Ciências Sociais e Demografia, sempre que estivermos interessados em capturar o grau de heterogeneidade ou fragmentação interna de grupos sociais (grupos etários, de renda, raça/cor, etc.). Com esta técnica é possível apreender microestados que compõe um estado qualquer.

O poder de síntese de informação também não é desprezível. Em apenas um gráfico, podemos condensar várias tabelas com numerosas células, cujo volume de informação inviabilizaria a apresentação delas em um artigo acadêmico ou dificultaria até mesmo sua interpretação.

Referências Bibliográficas

AKITA, T. Decomposing Regional Income Inequality using Two-Stage, Nested Theil Decomposition Method. In: *Working Paper* Nº 2. June 2000.

- ARAÚJO, J.R; SALVATO M.A. e SOUZA, P.F.L. Decomposição do índice de Theil-T em disparidades regionais, entre gêneros, raciais e educacionais: uma análise da desigualdade de renda na região sul. Trabalho apresentado no XI Encontro de Economia da Região Sul. Curitiba: ANPEC, 26 e 27 de junho de 2008.
- BARROS et al. A queda recente da desigualdade de renda no Brasil. In *Desigualdade de renda no Brasil: uma análise da queda recente*. Coautoria de Ricardo Paes de Barros, Miguel Nathan Foguel, Gabriel Ulyseu. Brasília, DF: IPEA, 2006-2007.
- BILLARI, F. The analysis of early life courses: complex descriptions of the transition to adulthood. In: *Journal of Population Research*, v.18, Issue 2, p. 119-42, 2001.
- COVOLAN, S.C.T. *O conceito de entropia num curso destinado ao Ensino Médio a partir de concepções prévias dos estudantes e da História da Ciência*. Campinas, 2004. 112p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas.
- FUSSELL, E. Measuring the early adult life course in Mexico: an application of the entropy index. In: MACMILLAN, R. (ed.). In: MACMILLAN, R. (ed.). *The structure of life course: Standardized? Individualized? Differentiated?*. Minneapolis: University of Minnesota, 2005. p.91-122. (Advances in life course research, vol. 9).
- _____. Structuring the Transition to Adulthood: An Entropy Analysis of the Early Life Course in the United States, 1880 to 2000. In: MEETING PAA 2006, session 7, Los Angeles, 2006. *Annals Population Association of America: 2006 Annual Meeting*.
- MACMILLAN, R. The structure of the life course: classic issues and current controversies. In: MACMILLAN, R. (ed.). *The structure of life course: Standardized? Individualized? Differentiated?*. Minneapolis: University of Minnesota, 2005. p.3-24. (Advances in life course research, vol. 9).

- PAIVA, W.P. A teoria do caos e as organizações. *Caderno de Pesquisa em Administração*, São Paulo, v. 08, nº 2, abril/junho 2001.
- THEIL, H. *Statistical Decomposition Analysis: with Applications in the Social and Administrative Sciences*. Amsterdam/London: North-Holland Publishing Company, 1972.
- TRONCONI, P.A., VALOTA, R., AGOSTINELLI, M. RAMPI, F. *Energia, Entropia, Economia*. Editora Macroedizioni, Poggio, 1991.
- VIEIRA, J. M. Transição para a vida adulta no Brasil: análise comparada entre 1970 e 2000. *Revista Brasileira de Estudos da População*, v. 25, p. 27-48, 2008.
- VIEIRA, J. M.; MIRET, P. Transición a la vida adulta en España: una comparación en el tiempo y en el territorio utilizando el análisis de entropía. In: *Revista Española de Investigaciones Sociológicas (REIS)*, v. 131, p. 75-