

As Medidas de Risco Clássicas e as de Risco *Fuzzy*

The Classical and Fuzzy Risk Measures

ANTHONIANY ANISTAYNE SILVA DE LIMA ALVES¹

RONEI MARCOS DE MORAES²

RODRIGO PINHEIRO DE TOLEDO VIANNA³

RESUMO

Objetivo: O artigo pretende fazer uma discussão sobre as medidas clássicas de avaliação de risco e as propostas utilizando a teoria de conjuntos *fuzzy*. A imprecisão, a incerteza e os termos vagos são recorrentes nas definições e tratamento de eventos na área de saúde e são características próprias dos fenômenos nesta área. Os estudos epidemiológicos, entretanto, frequentemente não têm ponderado essas incertezas, e as medidas de risco classicamente propostas dicotomizam os sujeitos e os fenômenos, quando na prática os limites entre essas divisões não são tão precisos o quanto são tratados. *Material e Métodos:* A teoria dos conjuntos *fuzzy* pode ser útil no tratamento das incertezas nos eventos humanos e mostra-se como uma teoria de aplicação promissora nas pesquisas epidemiológicas. As medidas de risco *fuzzy* já foram formalizadas, necessitando o seu uso em casos reais. *Conclusão:* A teoria de conjuntos *fuzzy* pode contribuir no tratamento das incertezas e subjetividades próprias dos fenômenos epidemiológicos. Este artigo pretende contribuir com a discussão sobre medidas de risco *fuzzy*. A sua utilização permitirá a classificação dos sujeitos e eventos em conjuntos de limites mais flexíveis, contribuindo na divulgação da parceria promissora que se pode ter entre a teoria *fuzzy* e a epidemiologia.

DESCRIPTORIOS

Epidemiologia. Medidas de Ocorrência de Doenças. Saúde Pública. Razão de Chances.

SUMMARY

Objective: This paper aims to discuss the classical measures of risk assessment and proposals by means of the *fuzzy* sets theory. The vagueness, uncertainty and vague terms are recurring in the definitions and treatment of events in healthcare and are typical characteristics of the phenomena in such an area. Epidemiological studies have not often weighted these uncertainties tough, and risk measures classically proposed dichotomize the subjects and phenomena, when in practice the boundaries between these divisions are not as much accurate as they are treated. *Method:* The *fuzzy* sets theory can be useful in the treatment of uncertainties in human events and shows up as a theory of promising application in epidemiologic research. The *fuzzy* risk measures have been formalized, requiring their use in real cases. *Conclusion:* The *fuzzy* sets theory may contribute to the treatment of uncertainty and subjectivity inherent to epidemiological phenomena. This article aims to contribute to the discussion of *fuzzy* risk measures. Their use will allow the classification of subjects and events in sets of more flexible limits, contributing to the dissemination of promising partnership that may arise between the *fuzzy* theory and epidemiology.

DESCRIPTORS

Epidemiology. Measures of Disease Occurrence. Public Health. Odds Ratio.

- 1 Mestranda do Programa de Pós-graduação em Modelos de Decisão em Saúde, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa/PB, Brasil.
- 2 Professor do Mestrado em Modelos de Decisão em Saúde - Departamento de Estatística, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa/PB, Brasil.
- 3 Professor do Mestrado em Modelos de Decisão em Saúde - Departamento de Nutrição, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa/PB, Brasil.

O risco é uma das questões centrais da epidemiologia. Embora no senso comum o conceito de risco esteja ligado a um evento negativo, para a Epidemiologia ele se refere ao aspecto operativo da probabilidade de que um evento ocorra, seja ele negativo – como a doença e a morte ou positivo – como a sobrevivência, imunização, recuperação (ROUQUAYROL, ALMEIDA FILHO, 2006). É considerada uma medida de associação, indicando se uma determinada exposição ou característica do indivíduo contribui para a ocorrência de um desfecho que está em análise no estudo epidemiológico.

O discurso epidemiológico incorpora o termo risco ainda no início do século XX, para tratar questões inespecíficas relacionadas à insalubridade e às doenças infecciosas. As formas conceituais mais definidas, com incorporação dos métodos probabilísticos data da década de 30 deste mesmo século, especialmente por meio de estudos de doenças infecciosas, como os de Frost, acerca da tuberculose, os de Doull, sobre difteria, entre outros. O risco foi elaborado justamente para atender às necessidades de desenvolvimento de medidas de controle dessas doenças contornando, conceitual e empiricamente, algumas mediações envolvidas na cadeia causal dessas doenças, de difícil mensuração e complexo controle, como os determinantes sociais (AYRES, 2007).

A sociedade moderna tem concentrado grandes esforços para tornar a vida mais longa, saudável e segura. Esta preocupação tornou o risco uma questão ainda mais preocupante tanto para os indivíduos, para os pesquisadores e estudiosos, bem como para o Estado (SLOVIC, 2010). Compreender quais ações são eficazes na redução dos fatores de risco e como o Estado pode contribuir para um maior estado de segurança à sociedade, trouxe para o centro das discussões a questão do *welfare state*, das garantias sociais e das formas como o Estado poderá responder às demandas sociais, visando níveis progressivos de bem estar social (LA MENDOLA, 2005).

A questão da segurança foi introduzida por Michel Foucault, em 1978, junto com a questão da liberdade, quando discutia sobre o liberalismo do século XVIII. O governo deveria incorporar essa idéia à nova racionalidade de governo, já que o conjunto de características biológicas do ser humano se transformavam em objeto de estratégia política, de estratégia geral de poder. Segundo essa nova racionalidade de governo, caberia ao Estado criar e implementar dispositivos disciplinares que assegurassem e regulassem os processos econômicos, os fenômenos naturais e os processos intrínsecos da população. A liberdade está atrelada à segurança. O Estado sendo o responsável pelo nível de

autonomia e cidadania oferecido à população, também deve ter uma maior capacidade regulatória, governando assim sobre um eventual campo de ação dos outros, garantindo assim liberdade e segurança ao mesmo tempo (RENOVATO, BAGNATO, 2010). O estado garante os direitos individuais, mas junto a esses direitos deve garantir a segurança e bem-estar coletivos. Assim, o risco passa então a ser um recurso de normatização, de determinação de comportamentos e situações, principalmente na área social. Transfere para os sujeitos a responsabilidade pelos fenômenos sociais, levando a uma relação diferente entre esses sujeitos e o Estado.

O risco é uma construção no campo da probabilidade. Por isso ele está orientado para o futuro e baseado em interpretações causais. O risco é inicialmente apenas um conhecimento (científico por vezes, suposições teóricas preliminares sobre como um evento se comporta em determinadas situações) e pode posteriormente ser transformado, magnificado, dramatizado ou minimizado, podendo revelar por trás dos seus termos técnicos um conjunto de crenças sociais, valores ou ideais políticos. Assim é possível transformar o conceito de risco num instrumento extremamente versátil para a gestão do social em geral (MITJAVILA, 2002).

O conceito de risco é visto como fator individual de comportamento que aumenta a probabilidade de um indivíduo apresentar um determinado desfecho, geralmente negativo, é facilmente encontrado nas publicações da área de saúde. Geralmente associado a comportamentos ou condições socioeconômicas, os fatores de risco ou comportamentos de risco são úteis para explicar uma gama de eventos e servem para orientar a prática clínica e a gestão dos serviços em saúde. São diversos os estudos encontrados na literatura. A temática das publicações tende a acompanhar o perfil epidemiológico de uma dada localidade, região ou país, indo desde as doenças transmissíveis, que se tornam por vezes pandêmicas principalmente por causa do maior trânsito entre os países, facilitando a disseminação das doenças entre os continentes, até as crônico-degenerativas, resultantes do envelhecimento da população mundial. Seja qual for a temática, o risco é apresentado sob um mesmo enfoque: conjunto de fatores comportamentais e biológicos, dicotomizados em ausentes ou presentes nos sujeitos analisados, que determinam o aparecimento de determinados agravos.

As doenças transmissíveis foram as que mais contribuíram historicamente para a padronização do comportamento individual como responsável pelo aparecimento das doenças. Geralmente ligada às classes sociais menos favorecidas, a doença e seus fatores de risco foram utilizados como instrumento de controle e padronização de comportamento social. Nos primórdios

da elaboração das políticas de saúde no Brasil tem-se nas epidemias de febre amarela, peste negra e cólera de 1850 exemplos claros do uso do risco para tomar medidas de controle social, de cunho predominantemente ideológico e político do que propriamente sanitário e científico. A população negra foi considerada mais susceptível às doenças que assolavam a cidade do Rio de Janeiro no século XVIII, ainda que se registrassem mais óbitos de brancos (imigrantes). As medidas sanitárias focalizadas nos negros refletem os ideais de uma sociedade marcada pelo tráfico e escravidão dos negros. Por identificar como fatores de risco o local de moradia e a raça negra é que se justificou a vacinação compulsória das comunidades negras e a demolição dos cortiços no Rio de Janeiro no início da década de 1850 (CHALHOUN, 1996). A obra reforça o papel do risco como instrumento de dramática gestão social.

As publicações sobre o risco das doenças transmissíveis seguem tradicionalmente no meio acadêmico. OLIVEIRA *et al.*, (2010) apontam a infecção pelo Papillomavírus Humano (HPV) associado ao início precoce da atividade sexual, ao elevado número de parceiros, ao uso de contraceptivos, a alta paridade e o fumo conjuntamente como fatores de risco para o desenvolvimento de câncer uterino. ABOIM, (2011) faz um levantamento de como as redes sociais têm modificado o comportamento sexual e como este tem colaborado na disseminação e prevenção das doenças sexualmente transmissíveis, interferindo nas relações de risco e na própria (re)definição de risco de adquirir tais doenças. SANTOS, (2011) afirma que a vulnerabilidade individual ao HIV/AIDS envolve uma dimensão cognitiva e uma dimensão comportamental. A pauperização e o acometimento de pessoas cada vez mais jovens tornaram a epidemia um dos fenômenos que mais tem desafiado a definição de estratégias para a promoção de saúde e dos direitos sexuais. Assim, a pandemia de AIDS ditou a modificação radical da vida sexual das pessoas e os diversos estudos científicos perseguem a definição de quais níveis de exposição individual aumentam o risco de contrair a doença. Estes e outros estudos demonstram a necessidade de uma medida que traduza a magnitude da associação entre os agravos (historicamente marcadas pelos surtos, epidemias e pandemias de doenças transmissíveis) seus fatores e comportamentos sociais. A formalização do conceito e da expressão matemática do risco seria de grande importância para o avanço dos estudos epidemiológicos. Logicamente o cálculo do risco foi determinante no entendimento de outros tipos de agravos, não apenas os transmissíveis, acompanhando o perfil epidemiológico de cada localidade.

Os fatores comportamentais e biológicos não

foram os únicos determinantes de maior risco de adoecer ou morrer. Após formalização da medida de associação chamada risco e o avanço nas discussões sobre esse risco, reconheceu-se que os fatores de risco isolados não são suficientes para o entendimento do processo de adoecer e morrer na população. Grande parte das vezes esses fatores causais, já bem determinados pelas medidas de risco ou associação estatisticamente significativas, interagem de forma diferente nos diversos meios sociais, modificando a maneira que a doença, agravo ou morte se apresenta nas coletividades. O complexo contexto social no qual a doença se apresenta é reconhecido pelos pesquisadores como contribuinte para a ocorrência ou não da doença. Muitos estudos deixam claro essa interferência, como apontado em BRUNELLO *et al.*, (2011) num estudo sobre co-infecção HIV/AIDS/TB:

As precárias condições de moradia ocasionadas pela falta de política social e habitacional no cenário urbano, atreladas a desemprego, migração para grandes centros, situação de pobreza financeira de parte da população, entre outros determinantes sociais, contribuem para o surgimento de áreas vulneráveis ao desenvolvimento da Tuberculose (TB). E a TB é a principal causa de morte nos indivíduos portadores do HIV.

Embora reconhecida a interferência da complexa interação dos determinantes sociais no incremento do risco de desenvolver determinados agravos, embora não se esgote toda possibilidade de compreensão sobre determinados fenômenos sociais, enumerar diversos fatores de risco ou grupos de risco, calcular as medidas de risco e associação como classicamente vem sendo realizado, resulta numa medida que não incorpora esses determinantes sociais. Grupos de indivíduos são classificados em conjuntos de limites precisos, quando na realidade os limites são tênues e pouco precisos, por vezes até incertos. A modificação do contexto social, que é dinâmico, amplo e diferenciado dado a área de estudo, determina níveis de exposição e desfecho diferenciados. O fato resulta num nível de imprecisão e dúvida ao se classificar os sujeitos. Neste ponto, é que a formalização de um conceito e medida de risco que acrescente mais informação (como a imprecisão e a subjetividade dos fenômenos humanos, sociais e biológicos) poderá resultar numa medida que melhor expresse essa realidade, representando um avanço na discussão epidemiológica, no entendimento de como as pessoas adoecem e morrem.

Dada a importância do conceito de risco para a consecução das políticas públicas e principalmente, para as práticas cotidianas de saúde, como questão central

da modernidade na busca por segurança, longevidade e uma vida mais saudável, o risco é um tema amplamente debatido de forma epistemológica por estudiosos das áreas sociais e da saúde. Contudo sua forma de cálculo permanece seguindo uma lógica clássica e Aristotélica, resultante do pensamento moderno de dicotomização dos sujeitos, de individualização do risco e de centralidade do pensamento probabilista, retirando a incerteza e a imprecisão dos fenômenos sociais e humanos. SADEGH-ZADEH, (2000) discute em seu artigo que os conceitos de saúde e doença não são passíveis de classificação pela lógica clássica, dado que a saúde não é a completa ausência de doença, não são eventos mutuamente excludentes. Por isso os indivíduos não devem ser categorizados em conjuntos de limites tão precisos.

É possível incorporar classificações mais flexíveis dos sujeitos aos grupos de doentes e expostos, utilizados para o cálculo dos indicadores clássicos de risco. A teoria de conjuntos *fuzzy* pode oferecer o suporte metodológico adequado à incorporação das incertezas no cálculo do risco. Diversos trabalhos na área de epidemiologia que utilizaram a teoria de conjuntos *fuzzy* de forma satisfatória: desenvolvimento de um modelo *fuzzy* para estimar a possibilidade de morte neonatal com boa acurácia que pode ser utilizado em hospitais gerais (NASCIMENTO, RIZOL, ABIUZI, 2009); avaliação de um grupo de fatores de risco associados à candidíase oral por meio da lógica *fuzzy* (CAMPISI, 2008); criação de um modelo *fuzzy* para melhorar a capacidade diagnóstica de imagens de tomografia de impedância elétrica, para identificar e separar o coração das regiões do pulmão (TANAKA *et al.*, 2008). Há diversas vantagens no uso da teoria *fuzzy* na classificação dos sujeitos considerados em risco, como por exemplo, na classificação de crianças de baixo peso quando se pretende avaliar risco de morte neonatal. Classificado como baixo peso crianças com peso inferior a 2500 g, por vezes uma criança com peso um pouco superior a

este (2510g) pode apresentar risco semelhante de morte neonatal, comparado a uma criança que nasce com 2410g (NASCIMENTO, ORTEGA, 2002).

A incerteza é tratada também pela matemática e pela estatística. Porém a incerteza tratada pela teoria *fuzzy* nos eventos epidemiológicos não é incerteza ligada à variabilidade originada pela heterogeneidade da população e pela aleatoriedade do fenômeno no tempo ou estocacidade. Ela é uma das teorias que melhor trata a ignorância parcial que resulta de erros sistemáticos de medida ou do desconhecimento de parte do processo considerado (subjetividade). Assim, os diferentes tipos de incertezas devem ser tratados distintamente (MASSAD *et al.*, 2008). O que reforça ainda mais a aplicabilidade da teoria Fuzzy no tratamento de eventos epidemiológicos.

A seguir são apresentadas a metodologia clássica de cálculo das medidas de risco e a proposta usando a teoria de conjuntos *fuzzy*.

MÉTODO

Medidas clássicas de risco, tradicionalmente utilizadas

Como anteriormente pontuado, o risco é o correspondente epidemiológico da probabilidade, ou seja, a razão entre duas grandezas, na qual o numerador está contido no denominador. Operacionalmente é definido como a probabilidade de ocorrência de uma doença, agravo, óbito ou condição relacionada à saúde (incluindo a cura, recuperação ou melhora), em uma população ou grupo, durante um período de tempo determinado.

Para ser considerado risco, sob a ótica epidemiológica de risco, a proporção deve atender a três elementos: ocorrência de casos de óbito-doença-saúde no numerador, o denominador será a base de referência

Tabela 1 – Categorias para cálculo da Razão de Riscos ou RR.

	Desfecho	
	Presente (Doentes)	Ausente (Não doentes)
Expostos	a	b
Não expostos	c	d

$$RR = \frac{\text{risco da doença nos expostos}}{\text{risco da doença nos não expostos}} = \frac{\frac{a}{a+b}}{\frac{c}{c+d}}$$

populacional e para ambos (numerador e denominador) deve ser obedecida uma base de referência temporal (GORDIS, 2010).

Para saber se certa exposição está associada a certa doença, deve-se determinar se há um excesso de risco para a doença na população exposta. Isso é alcançado quando se compara o risco da doença em populações expostas com o risco da doença em populações não expostas. O excesso de risco pode ser calculado de duas maneiras: através da razão de riscos e pela diferença de riscos. Neste estudo daremos enfoque à razão de riscos.

Na razão de riscos, os sujeitos são distribuídos nos grupos de com ou sem o desfecho e com e sem o fator de exposição. Para isso é construída uma tabela do tipo 2 x 2, com as seguintes categorias.

A razão de riscos é também denominada risco relativo. Para sua interpretação há três possibilidades: a) o risco relativo ser igual a 1, ou seja, o risco é igual para os expostos e os não expostos, não havendo evidência de associação entre a exposição e o evento de desfecho, que pode ser a doença ou morte; a) risco relativo menor que 1, o numerador é menor que o denominador, ou seja, risco nos expostos é menor que o dos não expostos, sugere uma associação negativa, inversa entre o fator de exposição e o desfecho, podendo indicar um efeito protetor; c) risco relativo maior que 1, o numerador é maior que o denominador, sugere que o risco nos expostos é maior que o dos não expostos, sugerindo uma associação positiva, uma relação causal (ROUQUAYROL, ALMEIDA FILHO, 2006).

O RR incorpora no seu cálculo apenas a categoria de indivíduos doentes. Mas há na verdade quatro categorias de indivíduos: os fadados a desenvolverem certa doença, independente de serem expostos ou não aos fatores de risco; existem também os indivíduos resistentes, que nunca desenvolverão a doença, independentemente de serem expostos; há também os protegidos, que desenvolvem a doença caso não sejam expostos; e, por fim, os indivíduos sob risco, que são aqueles que somente desenvolverão a doença se forem submetidos aos fatores de exposição. Na prática, a definição destas classes envolve alto nível de heterogeneidade na população e envolve várias incertezas, reforçando a importância da utilização dos estimadores de risco *fuzzy*.

Uma medida que pondera essas outras classes de indivíduos é a Razão de Chances ou *Odds Ratio* - OR. Diferente da razão de riscos, que é uma medida de probabilidade, a Razão de Chances avalia a chance de ocorrência de um desfecho entre os expostos em relação aos não expostos. Ele é um indicador especial de associação para estudos do tipo caso-controle, devendo

ser utilizada como sinônimo da razão de riscos somente quando a frequência da doença em questão for baixa (MEDRONHO *et al*, 2008). Sua forma de cálculo é obtida pela razão entre a chance de exposição entre os casos e a chance de exposição pelos controles, sendo uma razão de produtos cruzados.

$$OR = \frac{p(D/E) \times p(\bar{D}/\bar{E})}{p(D/\bar{E}) \times p(\bar{D}/E)} = \frac{a \times d}{b \times c}$$

Onde:

$p(D/E)$ = probabilidade de estar doente dado que foi exposto;

$p(\bar{D}/\bar{E})$ = probabilidade de não estar doente dado que não foi exposto;

$p(D/\bar{E})$ = probabilidade de estar doente dado que não foi exposto;

$p(\bar{D}/E)$ = probabilidade de não estar doente dado que foi exposto.

Medidas de risco *fuzzy*

O matemático Lofti Asker Zadeh introduziu a Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* em 1965. Seu objetivo era tratar matematicamente certos termos linguísticos subjetivos, como “aproximadamente”, “em torno de”, dentre outros. Esse seria o passo preliminar para tornar possível o armazenamento e programação de conceitos vagos em computadores, tornando factível a produção de cálculos com informações imprecisas. Para formalizar matematicamente um conjunto *fuzzy*, Zadeh baseou-se no fato de que qualquer conjunto clássico pode ser caracterizado por uma função: sua função característica que descreve completamente o conjunto, por que indica quais elementos do conjunto universo U são elementos também do conjunto analisado. No caso dos conjuntos *fuzzy*, a função de pertinência entre os elementos e conjunto não é precisa, ou seja, não se pode afirmar se um elemento pertence efetivamente a um conjunto ou não, ele possui grau de pertinência tanto em um conjunto como em outro. Formalizam-se matematicamente as imprecisões através de um “relaxamento” no conjunto imagem da função característica de um conjunto tradicional, o que resultou em subconjuntos *fuzzy* (BARROS, MASSANEZI, 2010).

A teoria de conjuntos *fuzzy* é uma generalização da teoria clássica de conjuntos, onde os elementos do conjunto possuem grau de pertinência que variam no intervalo 0 e 1, ou seja, é ampliado o contradomínio da

função para o intervalo. Assim seus elementos não estão rigidamente classificados como não pertencente (grau de pertinência zero) ou pertencente ao conjunto (grau de pertinência um). Na teoria *fuzzy*, um conjunto com limite zero ou um é um conjunto *fuzzy* particular chamado conjunto *crisp*. O caso clássico seria um caso particular de conjunto *fuzzy* (BUCKLEY, 2006). Nesta mesma lógica são formalizadas as medidas de risco *fuzzy*, incorporando graus de pertinências dos indivíduos nos conjuntos expostos e não expostos, doentes e não doentes. Ao incorporar os graus de pertinências acrescenta-se mais informação à medida, tais como a incerteza, a subjetividade, a imprecisão. Os indivíduos possuem classificações mais flexíveis aos grupos propostos no cálculo das medidas de associação. Graus de pertinência significam o quanto determinado elemento pertence a determinado conjunto, ou seja, seu grau ou seu nível de pertinência num conjunto. A representação conveniente dos graus de pertinência é dada pelo intervalo [0, 1] (DUBOIS, PRADE, 1980). O conjunto *fuzzy* será representado então pelo conjunto de pares ordenados: elemento do conjunto e seu respectivo valor ou grau de pertinência neste conjunto.

Ao trabalhar com um intervalo entre zero e um, os estimadores que utilizam a teoria *fuzzy* lidam com as verdades parciais, tão necessárias ao campo da saúde, desta forma contribuindo grandemente para a melhor compreensão e classificação dos eventos em epidemiologia, por considerar a imprecisão. A teoria lida com tranquilidade em casos onde não é possível facilmente definir os sujeitos como totalmente pertencente ou não a determinada categoria, como portador ou não de uma doença, como exposto ou não e com que grau de exposição a um determinado fator, ou se ele é totalmente doente ou sadio.

As medidas de associação Razão de Riscos e Razão de Chances apresentam correspondentes dentro da teoria *fuzzy* para solucionar o problema da distinção complexa, sujeita a erros, vieses e subjetividades quando da divisão dos indivíduos entre os grupos de doentes e não doentes, expostos e não expostos (MASSAD et al., 2008). A proposta *fuzzy* é de que a razão de risco seja definida em termos de possibilidade relativa e a classificação dos indivíduos quanto à sua exposição e sua resposta seja *fuzzy*. Importante chamar atenção que a medida *fuzzy* não é uma medida de probabilidade, tal como a clássica, e sim de possibilidade. A distribuição de possibilidade será numericamente igual à sua função de pertinência. As medidas de risco *fuzzy* serão razões de possibilidades, de acordo com os grupos expostos, não expostos, doentes e não doentes.

A medida de Risco Fuzzy é definida como FRR, é proporcional à razão de possibilidades:

$$FRR = \frac{poss(D/E)}{poss(D/\bar{E})}$$

onde:

$poss(D/E) = \max[\min(\mu_D(x), \mu_E(x))]$: possibilidade de estar doente dado que foi exposto, expresso pelo valor máximo entre os valores mínimos das funções de pertinência (graus de pertinência) do grupo doente ($\mu_D(x)$) e grupo de expostos ($\mu_E(x)$).

$poss(D/\bar{E}) = \max[\min(\mu_D(x), \mu_{\bar{E}}(x))]$: possibilidade de estar doente dado que não foi exposto, expresso pelo valor máximo entre os valores mínimos das funções de pertinência (graus de pertinência) do grupo doente ($\mu_D(x)$) e grupo de expostos ($\mu_E(x)$).

A medida é obtida retirando-se o mínimo das duas funções de pertinência - doentes e expostos ($\mu_D(x), \mu_E(x)$) no numerador e doentes e não expostos ($\mu_D(x), \mu_{\bar{E}}(x)$) no denominador. Os valores mínimos da comparação das duas funções resultarão numa nova função de pertinência, da qual é retirado o máximo valor de pertinência. O processo é feito para o numerador e denominador. Ao final, tem-se a divisão dos dois valores máximos de pertinência, que será numericamente proporcional à Razão de Riscos clássica ou RR.

A Razão de Chances Fuzzy ou Fuzzy Odds Ratio - FOR é calculada de forma semelhante. Ela será dada pela razão das possibilidades relativas, como se segue:

$$FOR = \frac{poss(\bar{D}/\bar{E}) \wedge pos(D/E)}{poss(D/\bar{E}) \wedge pos(\bar{D}/E)}$$

onde:

$poss(\bar{D}/\bar{E})$ é a possibilidade relativa de **não** estar doente dado que **não** foi exposto, $pos(D/E)$ é a possibilidade relativa de estar doente dado que foi exposto, $poss(D/\bar{E})$ é a possibilidade relativa de estar doente dado que **não** foi exposto e $pos(\bar{D}/E)$ é a possibilidade relativa de **não** estar doente dado que foi exposto.

Lembrando que as distribuições de possibilidade são numericamente iguais às suas funções de pertinência, semelhante ao raciocínio seguido no cálculo do FRR. As possibilidades relativas podem ser expressas

por: $poss(\bar{D}/\bar{E}) = \max[\min(\mu_{\bar{D}}(x), \mu_{\bar{E}}(x))]$,
 $poss(D/\bar{E}) = \max[\min(\mu_D(x), \mu_{\bar{E}}(x))]$,
 $\mu_{\bar{D}}(x)$ é a função de pertinência do conjunto fuzzy não doentes e $\mu_{\bar{E}}(x)$ é a função de pertinência do conjunto fuzzy não expostos.

O símbolo \wedge indica um operador de conjunção (E) mínimo, que pertence ao conjunto das t-normas (BUSTINCE, BURILLO, SORIA, 2003). Os indivíduos que não desenvolvem a doença se não expostos E que desenvolvem a doença se expostos, são classificados como indivíduos *sob risco*. Aqueles que desenvolvem a doença se não expostos E não desenvolvem a doença se expostos são classificados como protegidos. Os indivíduos fadados e resistentes não contribuem com informação alguma sobre a relação causal. Assim, a razão entre os indivíduos sob risco e protegidos deve fornecer um bom estimador de risco.

Por este modelo, não haveria a divisão booleana dos sujeitos nos grupos, mas graus de pertinência distintos para os diferentes conjuntos: doentes e não doentes, expostos e não expostos, podendo inclusive o sujeito pertencer a todos os conjuntos, com graus de pertinência distintos, como anteriormente apresentado ao se definir conjuntos fuzzy.

Em síntese, foi visto que o FRR (Fuzzy Risk Ratio) é proporcional à razão de possibilidades apresentadas e o FOR (Fuzzy Odds Ratio) é numericamente igual à razão de possibilidades relativas, correspondendo às medidas fuzzy de associação e risco. O objetivo deste artigo foi apresentar estas medidas existentes, que agregam a incerteza e a subjetividade próprias dos dados do campo da saúde e que são diferentes da incerteza relacionada à aleatoriedade dos dados já tratada pela estatística. Apresenta a aplicabilidade da teoria de conjuntos fuzzy na definição de medidas epidemiológicas clássicas como o Risco Relativo e a Razão de Chances.

APLICAÇÃO

A teoria de conjuntos fuzzy mostra-se como uma ferramenta metodológica bastante útil nas áreas sociais, ao modelar as incertezas inerentes aos seus fenômenos, especialmente na Epidemiologia. Os estimadores de Risco Fuzzy são formas plausíveis de categorizar os sujeitos, permitindo maior flexibilidade ao modelo, considerando a complexidade social e epistemológica que envolve a doença, a saúde e a morte. Não os tratando como fenômenos opostos, mas complementares, relacionados.

Ainda que a teoria de conjuntos fuzzy tenha contribuído com sucesso na construção de sistemas de diagnósticos e sistemas especialistas, os estimadores de risco fuzzy ainda não são utilizados com muita frequência nos estudos epidemiológicos, ainda que as contribuições da teoria de conjuntos fuzzy para a área da saúde sejam evidentes, especialmente para a Epidemiologia.

Deve-se reforçar que a incerteza tratada pela teoria fuzzy e pelas medidas de risco apresentadas é diferente da incerteza já tratada pela estatística e pela matemática. A incerteza que é incorporada usando a teoria fuzzy está mais ligada à incerteza proveniente dos dados que geram essas medidas. São exemplos práticos de incertezas proveniente dos dados: a subjetividade dos indivíduos que preenchem os formulários padrões que alimentam os bancos de dados (uma variável que facilmente pode demonstrar essa subjetividade ou incerteza é a raça), imprecisões de medidas (aferir o peso ao nascer ou a pressão arterial de um indivíduo são exemplos práticos das incertezas geradas pelas várias formas de tomar esta medida ou pela impossibilidade de comparar/calibrar todos os instrumentos de tomada destas medidas nos serviços), dentre outras imprecisões, incertezas e termos vagos naturalmente presentes nos sistemas de informação. Essas informações são alvo de preocupação, no sentido de que traduzam com o máximo de fidelidade os eventos, por que os indicadores epidemiológicos obtidos delas subsidiarão o processo de tomada de decisão em saúde.

Faz-se necessário que mais estudos sejam realizados e que explorem a aplicação destes estimadores fuzzy, avançando na construção de modelos de análise que considerem as características reais da complexa forma como os sujeitos adoecem e morrem, melhorando a compreensão do risco. Toda a crítica ao risco - de que não pondera os fatores sociais, que categoriza os sujeitos em classes que na prática se sobrepõem e não se excluem, que envolve incertezas relacionadas às informações dos bancos de dados -, encontra na teoria fuzzy e nos seus indicadores um suporte metodológico conveniente para responder a essas e outras questões das análises epidemiológicas, agregando mais informações à medida. Informações tradicionalmente desprezadas e que podem apresentar erros sistemáticos de classificação. Indicadores viciados, enviesados ou mal estimados serão utilizados na indicação de fatores de risco populacionais e por fim, na construção de políticas públicas.

A difusão da aplicação do método resultará no aperfeiçoamento da forma como se trata o risco hoje, evoluindo para uma melhor forma de cálculo. E neste ponto, a teoria de conjuntos fuzzy pode oferecer muito a este campo de conhecimento.

REFERÊNCIAS

1. ABOIM S. Redes sociais e comportamento sexual: para uma visão relacional da sexualidade, do risco e da prevenção. *Saude Soc.*, 20(1): 207-224, 2011.
2. AYRES JR CM. Risco, razão tecnológica e o mistério da saúde. *Interface (Botucatu)*, 11(21): 154-158, 2007.
3. BARROS LC, BASSANEZI R. *Tópicos de Lógica Fuzzy e Biomatemática*. 2. ed. São Paulo: IMECC-UNICAMP, 2010, 344 p.
4. BRUNELLO MEF, CHIARAVALLI NETO F, ARCÊNCIO RA, ANDRADE RL de P, MAGNABOSCO GT, VILLA TCS. Áreas de vulnerabilidade para co-infecção HIV-aids/TB em Ribeirão Preto, SP. *Rev. Saúde Pública*, 45(3): 556-63, 2011.
5. BUCKLEY JJ. *Fuzzy Probability and Statistics*. Studies in Fuzziness and Soft Computing. 1. ed. vol.196. New York: Springer, 2006. 270 p.
6. BUSTINCE H, BURILLO P, SORIA F. Automorphism, negations and implication operators. *Fuzzy Sets and Systems*, 134(2): 209-229, mar. 2003.
7. CHALHOUB S. *Cidade Febril: cortiços e epidemias na Corte imperial*. 1. ed. São Paulo: Cia da Letras, 1996, 250 p.
8. CAMPISI G. Risk factors of oral candidosis: A twofold approach of study by fuzzy logic and traditional statistic. *Archives of Oral Biology*, 53(4): 388 - 397, 2008.
9. DUBOIS D, PRADE H. *Fuzzy Sets & Systems: Theory and Applications*. 1. ed. Vol. 144. New York: Academic Press, 1980, 393 p.
10. GORDIS L. *Epidemiologia*. 4. ed. Lisboa: Lusociências, 2010. 394p.
11. LA MENDOLA S. O sentido do risco. *Tempo soc.* 17(2): 59-91, 2005.
12. MASSAD E, ORTEGA NRS, BARROS LC, STRUCHINER CJ. *Fuzzy Logic in Action: Applications in Epidemiology and Beyond*. Series: *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, 1. ed. Vol. 232. New York: Springer, 2008, 360 p.
13. MEDRONHO RA, BLOCH KV, LUIZ RR, WERNECK GL. *Epidemiologia*. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2008, 790 p.
14. MITJAVILA M. O risco como recurso para a arbitragem social. *Tempo Soc.*, 14(2): 129-145, 2002.
15. NASCIMENTO LFC, RIZOL PMSR, ABIUZI LB. Establishing the risk of neonatal mortality using a fuzzy predictive model. *Cad. Saúde Pública*, 25(9): 2043-2052, 2009.
16. NASCIMENTO LFC, ORTEGA NRS. Fuzzy linguistic model for evaluating the risk of neonatal death. *Rev. Saúde Pública*, 36(6): 686-692, 2002.
17. OLIVEIRA PM, OLIVEIRA RPC, TRAVESSAIÉM, GOMES MV de C, SANTOS ML de J dos, GRASSI MFR. Prevalence and risk factors for cervical intraepithelial neoplasia in HIV-infected women in Salvador, Bahia, Brazil. *Sao Paulo Med. J.* 128(4): 197-201, 2010.
18. RENOVATO RD, BAGNATO MHS. Práticas educativas em saúde e a constituição de sujeitos ativos. *Texto contexto - enferm.*, 19(3): 554-562, 2010.
19. ROUQUAYROL MZ, ALMEIDA FILHO. *Introdução à Epidemiologia*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. 296p.
20. SANTOS MA. Prostituição masculina e vulnerabilidade às dsts/aids. *Texto contexto - enferm.*, Florianópolis, 20(1): 76-84, 2011.
21. SADEGH-ZADEH, K. Fuzzy Health, Illness, and Disease. *Journal of Medicine and Philosophy*, 25(5): 605-638, 2000.
22. SLOVIC, P. The Psychology of risk. *Saude soc.*, 19(4): 731-747, 2010.
23. TANAKA H, ORTEGA NRS, GALIZIA MS, BORGES JB, AMATO MBP. Fuzzy modeling of electrical impedance tomography images of the lungs. *CLINICS*. 63(3): 363-70, 2008.

Original submetido em 15/Set/2011
 Versão Final apresentada em 10/Nov/2011
 Aprovado em 12/Dez/2011

Correspondência

Anthiany Anistayne Silva de Lima Alves
 Rua Olegário Maciel, 171.
 58400-745 Monte Santo, Campina Grande, PB.

Email

anthiany.lima@gmail.com