

Sobre a Crescente Importância da Estatística na Ciência Forense*

Manuela Figueira Neves¹
Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico da Guarda
CEAUL

Fernando Rosado²
Faculdade de Ciências
Universidade de Lisboa
CEAUL

Resumo

Nesta nota de síntese, faz-se uma pequena incursão na história da Estatística na Ciência Forense. Dá-se especial ênfase à contribuição não bayesiana. Salientam-se os mais recentes avanços no âmbito dos estudos multivariados. Regista-se o reduzido número de trabalhos científicos numa perspectiva de dados estatísticos discordantes.

Palavra - Chave: Estatística Forense.

1. Introdução

A primeira conferência internacional em Estatística Forense decorreu em 1990, na Universidade de Edimburgo. Com periodicidade trienal, em 2005 realizou-se a sexta conferência na Universidade do Estado do Arizona (EUA). Uma breve revisão dos conteúdos desta última manifestação científica realça as tradicionais perspectivas da aplicação da estatística na ciência forense e indicia um avanço do estudo no sentido de progredir para as áreas multivariadas e de data mining.

Ao ser cometido um crime diversos tipos de evidência podem surgir. A grande preocupação é a de avaliar correctamente a evidência disponível, recolhida no local do crime ou encontrada na posse do suspeito, de forma a quantificar a possibilidade de o indivíduo suspeito ser de facto o criminoso.

* Investigação financiada pela FCT/POCTI e POCI/FEDER

¹ mfigueira@ipg.pt

² fernando.rosado@fc.ul.pt

O uso de ferramentas estatísticas nas ciências forenses é de extrema importância nos meios judiciais. Os cientistas forenses podem avaliar e interpretar as evidências que incluem elementos de incerteza. Eles, cada vez mais, necessitam do apoio da ciência estatística nos seus mais diversos ramos.

O papel do estatístico é cada vez mais importante como especialista ou consultor na avaliação das evidências a serem presentes a tribunal e que poderão estar na base da absolvição ou condenação do suspeito. A sua função relaciona-se com a análise e quantificação de evidências “físicas”. Declarações de testemunhas de crimes não são avaliadas pelo estatístico dada a sua potencial falta de credibilidade e falta de comprovação ou garantia de verificação. A sua contribuição para a decisão final é avaliada individualmente por cada juiz ou jurado.

No que concerne às provas físicas, as evidências relativas ao caso são analisadas para quantificar a culpa do suspeito.

O estatístico e o cientista forense devem fornecer elementos quantificados, avaliações das evidências para que o tribunal possa usar essa informação nas suas decisões.

Em termos gerais, pode afirmar-se que a Estatística Forense é a aplicação da Estatística à Ciência Forense. É uma recente área de pesquisa, mas são já diversas as linhas de investigação.

Neste trabalho salientamos a importância da Estatística Forense e apresentamos um ponto de situação através de alguns exemplos.

2. Evolução Histórica

O primeiro caso em tribunal a envolver testemunhos estatísticos sobre identidade (relativamente a assinaturas) foi o caso do testamento de Howland em 1865. O primeiro crime foi o de Dreyfus em 1894. Os testemunhos estatísticos de identificação de provas começaram, mais recentemente, com o caso Collins em 1968. Todos estes casos decorreram em tribunais dos EUA, mas as análises eram muito simples, pobres em termos científicos.

Em quase toda a literatura é reconhecido a Dennis Lindley o papel de ter sido o pioneiro na utilização de ferramentas estatísticas no âmbito da Ciência Forense. Esse facto está relacionado com a publicação do artigo “*A problem in Forensic Science*” na revista *Biometrika* (Lindley, 1977), onde descreve um método para avaliar a evidência relativa a fragmentos de vidro que se baseia na utilização da teoria bayesiana. Lindley analisa a situação em que, ao ser cometido um crime, foi usada alguma violência da qual resultam fragmentos de vidro de uma janela partida. Ao serem recolhidos fragmentos no local do crime e nas roupas do suspeito coloca-se a questão de saber se a sua origem é comum, colocando-se assim o suspeito no local do crime. Foi a primeira vez em que foi usada a teoria bayesiana no contexto da ciência forense.

Este artigo despertou o interesse tanto de estatísticos como de cientistas forenses e desde então são inúmeros os trabalhos nas áreas de análise e estatística forense.

No entanto, já anteriormente Parker e Holford (1968) abordam a questão de comparar dois conjuntos de objectos com o intuito de verificar se eles partilham a mesma origem. Este estudo é conduzido no contexto da ciência forense e numa abordagem frequencista, com a utilização de testes de significância. Caso se conclua que a origem dos dois conjuntos de objectos é comum está-se a admitir a possibilidade de o suspeito ser de facto o autor do crime.

Para além de Lindley (1977) também Seheult (1978) e Grove (1980) estudaram a questão de comparar e interpretar dados relativos a índices de refração de fragmentos de vidros.

Grove (1980) analisa o problema da avaliação de evidência relativa a fragmentos de vidro, usando o rácio de verosimilhanças. De facto, também Lindley já havia usado a abordagem não bayesiana utilizando testes de significância.

Historicamente, surgem aqueles três autores como referência do início dos trabalhos envolvendo a ciência estatística moderna com a ciência forense. Lindley (1977) estudou um problema de discriminação no caso normal e propôs uma “solução realística” para os casos em que a distribuição é não normal. Seheult (1978) aprofundou o estudo. Por sua vez, Grove (1980) propôs uma solução não-bayesiana.

Mais recentemente, Aitken e Lucy (2004) usam vários métodos para avaliação de evidência em dados multivariados relativamente a fragmentos de vidros.

Outro factor importante para o aumento da produção científica deste tema relaciona-se com a grande evolução das técnicas de identificação relativas ao ADN que ocorreu nas últimas décadas. Desde então, a coincidência entre perfis de ADN passou a ser usada para analisar evidências forenses em situações de crime.

O estudo do ADN veio revolucionar a investigação criminal nos casos em que o criminoso deixou uma prova biológica no local do crime ou naqueles em que uma prova biológica da vítima foi transferida para o criminoso. O método que leva à exclusão de um suspeito presta uma grande ajuda à polícia na identificação do verdadeiro culpado.

O perfil de ADN pode ser obtido a partir de quantidades muito pequenas de qualquer tecido humano e pode ser descrito como material que contém células humanas. Os principais exemplos são sangue, sêmen ou raiz de cabelos.

As análises forenses que envolvem ADN são muito potentes e muito mais eficazes que a análise a outros elementos humanos, como por exemplo, análises a grupos sanguíneos dado que estes têm menor número de tipos distintos em qualquer população, havendo uma enormidade de diferentes tipos de alelos em cada loci de ADN.

O número de artigos científicos sofre um incremento significativo, sendo vários os autores com trabalhos na área.

Berry *et al.* (1992) estudam o processo inferencial de decidir se duas amostras de ADN são do mesmo indivíduo. O indicador usado é o rácio de verosimilhança ou factor Bayes.

Devlin *et al.* (1992) analisam a tentativa de determinar a culpabilidade do suspeito de um crime com base nas similaridades entre ADN e a evidência encontrada no local do crime.

Evetts (1984) estuda o problema da transferência de evidências relativamente à possibilidade de ter ocorrido ou não contacto entre dois corpos. O termo corpo é usado de uma forma muito abrangente, podendo representar um indivíduo ou qualquer objecto. Neste artigo é estudada a situação em que é transferido sangue da vítima para o criminoso e a situação em que sangue do criminoso é encontrado no local do crime.

Balding (1995) procede a estimação no âmbito da utilização de ADN. Utiliza métodos de estimação alternativos segundo abordagens frequencista, bayesiana e de verosimilhança.

Roeder *et al.* (1998) procedem ao cálculo das probabilidades condicionadas segundo uma versão modificada do “problema da ilha”. Assumem que o suspeito é localizado sem o uso de busca em base de dados, por exemplo pela identificação de testemunhas oculares. Usam dados relativos a questões de paternidade com o modelo bayesiano hierárquico com o objectivo de determinar as correlações entre alelos de indivíduos da mesma sub população para calcular as probabilidades condicionadas de coincidência entre dois perfis de ADN.

Balding e Donnelly (1995) estudam a quantificação do peso da evidência em identificação forense e analisam esta questão em termos do “problema da ilha”.

Dawid e Mortera (1996) abordam a generalização do “problema da ilha”. Estes autores estudam também os efeitos das estratégias de busca. Consideram que podem ser vários os tipos de busca: aleatória, ordenada ou sequencial. A forma como se processa a procura do

suspeito não deve ser ignorada. No entanto, há casos em que o efeito do tipo de busca pode ser ignorado, o que acontece quando, por exemplo, toda a informação que leva ao resultado do procedimento de busca está incluída na evidência.

Foreman *et al.* (1997) usam a abordagem bayesiana. A força ou peso da evidência contra um indivíduo em julgamento é, tipicamente, apresentado em tribunal sob a forma do rácio de verosimilhança ou o seu recíproco, a probabilidade de coincidência do perfil de ADN (probabilidade de outro membro da população partilhar o mesmo perfil de ADN do acusado). O valor do rácio de verosimilhança variará de acordo com a natureza da relação genética do acusado e de outros potenciais autores do crime na população.

O perfil de ADN de um indivíduo consiste em observações de 2 alelos, cada um deles herdado de cada um dos seus progenitores. Se dois perfis não coincidem conclui-se que eles não são originados pela mesma pessoa e o rácio de verosimilhança será nulo. O uso deste indicador nos tribunais parece ser para um grande número de pessoas a forma mais apropriada de quantificar a evidência relativa a ADN, apesar de na prática existirem ainda resistências, o caso de O. J. Simpson é um bom exemplo.

Dawid e Mortera (1998) estudam o problema de identificação forense quando a evidência encontrada no local do crime é imperfeita, ou seja, é medida com erro ou está parcialmente desaparecida ou danificada. A evidência é de algum modo incompleta ou imperfeita. No estudo procedem a aplicações a casos de paternidade em que o ADN do verdadeiro pai se desconhece sendo conhecido o ADN do filho e da mãe.

Stockmarr (1999) considera as formas distintas de identificação do suspeito num crime. No caso de a identificação ser feita através de base de dados há menos possibilidades de o suspeito ser o verdadeiro criminoso do que se for identificado de outra forma, por exemplo através de testemunhos oculares. A verificação de coincidência quando se usa uma base de dados pode ser casual, acidental. Estuda o caso de populações finitas, nomeadamente o “problema da ilha”.

Apesar de Dawid (2001) criticar a abordagem de Stockmarr (1999), este reafirma a sua posição. Considera dois efeitos da busca em base de dados:

- 1) múltiplas comparações com pessoas na base de dados aumentam a probabilidade de coincidência casual.
- 2) As pessoas da base de dados excluídas pelo processo de busca são eliminadas como possíveis criminosos, diminuindo assim o conjunto de potenciais criminosos.

Balding (2002) considera que tanto Stockmarr (1999) como o relatório do NRC³ estão errados no cálculo das probabilidades de coincidência quando a procura do criminoso é feita através de base de dados. Afirma que, se há apenas uma coincidência na busca na base de dados, somos levados a crer que essa coincidência é única na população, implicando que mais força ganhará a hipótese de acusação. Assume-se que a base de dados inclui a maioria dos potenciais suspeitos. No entanto, pode haver indivíduos que não estão na base de dados e para os quais pode existir coincidência entre o seu ADN e o encontrado no local do crime.

Meester e Sjerps (2003) analisam o facto de o peso da evidência de coincidência de ADN depender da forma como o suspeito foi identificado, se através de base de dados ou de outra forma (*probable cause*, por exemplo).

O uso da estatística na análise forense relaciona-se com outros tipos de crimes. No caso de posse e tráfico de droga Aitken *et al.* (1997) utilizam técnicas estatísticas para a estimação da

³ National Research Council dos EUA. Emitiu dois relatórios (em 1992 e 1996) sobre princípios e técnicas relativos a ADN.

quantidade de droga traficada por determinado suspeito, dado que em muitos países (e especialmente nos EUA cuja situação é estudada), a pena a aplicar aos traficantes depende do tipo e também da quantidade de droga envolvida.

Geisser (1992) relata alguns casos levados a tribunal sobre situações envolvendo questões médicas e onde os estatísticos assumem o papel importante de peritos no esclarecimento ao tribunal. Uma dessas situações refere-se ao risco acrescido de crianças contraírem encefalopatia (uma doença que leva a danos cerebrais graves e irreversíveis), depois de lhes ter sido administrada a vacina DTP, comparativamente a crianças não vacinadas. O risco de contrair aquela doença é conhecido e aceite dado o conjunto de benefícios proporcionados pela vacina. A questão a ter em conta é a de saber se quando determinada criança contrai encefalopatia isso se deve ao risco acrescido de contrair aquela doença tendo tomado a vacina ou se se deve a outras causas, como por exemplo, a defeito de fabrico da vacina.

Nalguns casos, tem havido alguma relutância por parte dos tribunais em aceitarem testemunhos expressos em termos de probabilidades, dada a falta de preparação de jurados e juízes para entenderem a informação em termos estatísticos.

Apesar de se ter a ideia que tanto juízes como jurados valorizam a informação estatística sobre outro tipo de evidência, Kaye e Koehler (1991) conduzem alguns estudos empíricos envolvendo jurados e estudantes e concluem que há tendência para menosprezar a evidência estatística quando existe um outro tipo de evidência.

Aitken e Taroni (2004) é também uma grande referência em termos de estatística forense.

Apesar de a Estatística Forense ser uma área de investigação muito recente em Portugal, podemos destacar os trabalhos de Andrade (2001, 2007). Na sua tese de mestrado, Andrade (2001) justifica a utilização do teorema de Bayes na avaliação da evidência. Para além do “problema da ilha” analisa a evidência de ADN. Na sua tese de doutoramento, Andrade (2007), estuda a utilização de redes bayesianas no âmbito da Estatística Forense.

Dado ser um tema abrangente que desperta o interesse de criminologistas, economistas, cientistas forenses, geneticistas, advogados, psicólogos, sociólogos e estatísticos é com naturalidade que se tenha assistido à realização, desde 1990 a 2005, de 6 conferências internacionais de Estatística Forense.

3. A Evidência

Há relações entre a metodologia científica e os procedimentos legais relacionados com a investigação de crimes, apesar de em muitos casos a terminologia ser bem diferente.

Para os criminalistas e para os tribunais os dados referem-se às evidências relativas ao caso em apreço que foram recolhidas pela polícia ou investigadores e apresentadas em tribunal pela acusação e pela defesa.

Em termos científicos, é necessário muito cuidado na interpretação da evidência dado que isso envolve incerteza e porque cada caso tem as suas especificidades. A evidência encontrada pode servir para identificar o suspeito do crime e/ou para atestar da sua culpa.

Há várias questões a ter em conta na análise da evidência. A variabilidade associada a qualquer observação científica, que pode ser estudada usando distribuições de probabilidade adequadas ao fenómeno em causa.

A evidência a ser avaliada pode ser encontrada e recolhida em duas fontes ou origens: no local do crime ou no criminoso. No primeiro caso a evidência foi transferida do criminoso para o local do crime, no segundo a evidência foi transferida do local do crime para o criminoso. A direcção em que ocorreu a transferência pode ter influência na avaliação da evidência (Aitken e Taroni, 2004).

Genericamente, o termo evidência é usado para designar os materiais cuja existência no local do crime ou no suspeito levam à avaliação da sua culpa em relação a determinado crime. Podem considerar-se diversos tipos de evidência.

Ao ser cometido um crime em que foi usada violência é possível ocorrer a transferência de **fibras** têxteis da vítima, no caso de ela existir, ou do local do crime para o criminoso e do criminoso para a vítima ou para a cena do crime. Evett *et al.* (1987) estudam o caso em que apenas uma fibra foi deixada no local do crime. Wakefield *et al.* (1991) analisam a extensão do problema numa situação em que são encontradas diversas fibras.

Armas de fogo constituem outro tipo de evidência em que se procede à análise de balas encontradas na vítima ou no local do crime para verificar se se pode concluir que foram disparadas por certo tipo de arma, geralmente na posse do suspeito.

Impressões digitais são frequentemente usadas em análise forense. Determina-se se existe coincidência entre as impressões digitais encontradas no local do crime ou na vítima e as impressões digitais do suspeito ou as existentes em bases de dados. Se forem usadas bases de dados deve-se ter em conta a população adequada a ser considerada.

Relacionado com o crime de falsificação de documentos é habitual usar como evidência **Documentos** ou **Manuscritos**. Procede-se à comparação de dois manuscritos para verificar se foram produzidos pela mesma pessoa, por exemplo assinaturas em documentos importantes como é o caso de testamentos. O caso do testamento de Sylvia Ann Howlland é um bom exemplo. Este caso levado a tribunal em 1865, nos EUA, ficou conhecido pelo envolvimento, enquanto perito, do matemático Benjamin Pierce. Geralmente, nestas situações, não há base de dados pelo que se torna difícil a comparação quando o suspeito não está identificado. Utilizam-se técnicas de análise multivariada.

Para além do ADN os **Fragmentos de vidro** são a evidência mais estudada e referida na bibliografia sobre análise forense. São exemplos Lindley (1977), Seheult (1978), Grove (1980) e mais recentemente Aitken e Lucy (2004). Ao ser cometido um crime uma janela foi partida. Foi identificado um suspeito com fragmentos de vidro na sua roupa idênticos em termos da sua constituição aos fragmentos encontrados junto à janela partida. São constituídas duas amostras de fragmentos de vidro. Uma com fragmentos encontrados na roupa do suspeito e outra com fragmentos encontrados no local do crime. Em ambas as amostras são efectuadas medições dos índices de refração do vidro, partindo do princípio que a constituição do vidro é semelhante.

Pode ser usado um método em duas fases (Aitken e Taroni, 2004). Numa primeira fase é feita a comparação das duas amostras em que se usa uma estatística D, que consiste numa medida da diferença entre os valores dos índices de refração tendo em conta a variação natural nas medições numa mesma janela. Se o valor absoluto da estatística D é menor ou igual que determinado valor, que se pode designar de valor crítico, então os dois conjuntos de fragmentos podem considerar-se similares.

Pode então passar-se a uma segunda fase onde é determinada a probabilidade de os dois conjuntos de fragmentos encontrados serem similares segundo a hipótese de que eles são provenientes de diferente origem. Se esta probabilidade for muito reduzida aquela hipótese é considerada falsa e pode assumir-se que os dois conjuntos têm a mesma origem. Esta conclusão coloca o suspeito no local do crime. Caso contrário os conjuntos de fragmentos dizem-se dissimilares e portanto são provenientes de diferentes origens.

Lindley (1977) analisa a mesma situação e considera que a medição dos índices de refração dos fragmentos está sujeita a erros e variabilidade devido às suas reduzidas dimensões. É assumida a normalidade da medida dos fragmentos e também a não normalidade, apresentando-se esta última como uma situação mais realista.

A utilização de evidências de ADN em casos de identificação forense generalizou-se nos últimos anos. Este tipo de evidência é desde a década de 80 a que tem merecido mais atenção e é objecto de estudo na literatura sobre análise forense. Este tipo de evidência pode ser usado na identificação do suspeito de determinado crime ou na quantificação da culpa do suspeito tendo ele sido identificado por outro tipo de evidência que não o ADN.

Consideram-se duas hipóteses.

A hipótese da acusação,

H_A : A amostra de ADN encontrada no local do crime foi deixada pelo suspeito e a hipótese de defesa

H_D : Outra pessoa, que não o suspeito, deixou a amostra de ADN na cena do crime.

Para estabelecer o peso da evidência, o tribunal precisa conhecer a estimativa da probabilidade de que o perfil de ADN de outra pessoa, que não o suspeito, coincida com o perfil encontrado na cena do crime, sabendo que o perfil do suspeito coincide. Essa probabilidade depende da relação ou do grau de parentesco entre o suspeito e o potencial criminoso. Se existir relação de parentesco essa probabilidade será mais elevada que a probabilidade marginal de coincidência.

É habitual considerarem-se três situações distintas.

1 – Os dois indivíduos, suspeito e potencial criminoso, são membros da mesma população étnica, não são aparentados, assume-se por isso independência entre perfis;

2 – Os dois indivíduos pertencem à mesma sub população e não são aparentados. À priori é de esperar uma probabilidade condicional superior à probabilidade marginal de coincidência dadas as correlações entre alelos subjacente à heterogeneidade entre sub populações;

3 – Os dois indivíduos são membros da mesma família levando a que a probabilidade condicional seja muito superior à probabilidade marginal de coincidência.

Esta questão está relacionada com o tipo de populações consideradas:

1) Familiares próximos – considerados individualmente ou a partir de relações familiares (parentescos) específicas. Têm antepassados recentes comuns com o acusado (herdaram os genes dos pais ou avós). Estes familiares são sempre tratados como casos especiais.

2) Sub populações raciais – excluem-se os familiares próximos do acusado. Pode considerar-se cada grupo étnico ou racial composto por um número de pequenas sub populações. Há algum grau de herança comum a esses indivíduos o que torna mais provável a partilha de traços comuns (características físicas como cor do cabelo e dos olhos) do que com indivíduos de diferentes sub populações.

3) Grupos raciais ou étnicos – as maiores diferenças genéticas ocorrem entre pessoas de diferentes grupos raciais.

Uma questão muitas vezes abordada é o designado “problema da ilha”. Genericamente, o problema da ilha resume-se a uma situação em que tendo ocorrido um crime existe um número fixo e conhecido de indivíduos $N+1$, dos quais se sabe que apenas um é culpado. A posse de determinada característica incriminante é independente e equiprovável entre os indivíduos. Todos os suspeitos têm a mesma probabilidade de culpa *a priori* que é dada por $1/(N+1)$. A questão de interesse é a de avaliar a probabilidade de culpa dada a evidência disponível. Existem várias soluções para o problema.

Alguns autores analisaram também o problema da ilha generalizado em que o suspeito pode ser identificado de três formas distintas. Na primeira o suspeito é detido e posteriormente verifica-se que ele possui determinada característica ou traço comum ao criminoso, na segunda a identificação é feita através de busca sequencial de entre os potenciais suspeitos e por último o suspeito pode ser identificado através de busca numa base de dados em que é

verificada a coincidência entre algum traço do suspeito e dos indivíduos pertencentes à base de dados.

Deve considerar-se o facto de que estabelecer identidade não implica estabelecer a culpa. Geralmente considera-se que o indivíduo que deixou a evidência no local do crime é o criminoso. Mas, nem sempre assim acontece, dependendo das circunstâncias do caso. Podem ter estado presentes outros indivíduos no local do crime, podem ter sido colocadas provas no local do crime para incriminar um inocente, etc.

A evidência pode ser encontrada em local distinto do local do crime. Em muitos casos são encontradas provas no corpo ou roupa do criminoso e pode fazer-se a ligação entre essas provas e a vítima ou o local onde foi cometido o crime.

4. O Peso da Evidência

A avaliação da evidência requer a definição de uma população de referência. A definição da população é importante porque ela reduz o número de potenciais criminosos, mas também porque é definido o universo a partir do qual são calculadas as frequências relativas das características da evidência que está a ser considerada.

Em termos genéricos, a população de referência pode ser considerada como a população mundial, no entanto, na prática ela reduz-se para sub populações de dimensão mais reduzida.

Segundo Aitken e Taroni (2004) podemos considerar diversos tipos de populações.

População relevante – constituída pelas pessoas que podem ter estado envolvidas no crime. Grupo de pessoas constituído com base no sexo, idade, ocupação, residência ou outras características importantes.

População suspeita – a mais pequena população que possui o culpado como membro. É a população de possíveis autores do crime. No contexto da investigação criminal a população relevante pode ser considerada como a população suspeita. É o grupo de pessoas que podem ser potenciais suspeitos de terem cometido um crime.

População total envolvida – população adequada para avaliar a significância.

População apropriada – população a partir da qual pode ser retirada uma amostra para análise.

Em casos de análises de ADN a consideração de familiares próximos do suspeito como elementos da população leva a valores da “probabilidade de não culpa” maiores do que os baseados na população genérica e conseqüentemente a menores valores do factor Bayes. É de esperar que um familiar do suspeito tenha mais similaridades genéticas com o suspeito do que os restantes membros de uma população genérica.

É importante fazer referência ao tipo de amostragem. No contexto forense as amostras raramente são aleatórias. É habitual tratar com amostras de conveniência. Em termos estatísticos decorrem as habituais conseqüências em termos de inferência. Deve-se ter em conta que cada caso é um caso e as circunstâncias podem ser únicas.

A definição das preposições ou hipóteses a avaliar não é uma tarefa fácil. As hipóteses a usar em determinado caso dependem das circunstâncias desse caso, das observações feitas e de informação anterior disponível.

De acordo com Aitken e Taroni (2004) é possível efectuar uma classificação das hipóteses em três categorias ou níveis:

- 1) Nível I ou nível de fonte ou origem (*source level*). A avaliação desta categoria depende da análise e medição dos materiais recolhidos no suspeito e na cena do crime. Nada mais é tomado em consideração do que as informações recolhidas durante a

análise das provas. É feita a comparação entre duas amostras assumindo que são provenientes da mesma população se o suspeito é culpado ou de populações distintas se o suspeito não é culpado.

- 2) Nível II ou nível de actividade (*activity level*). As hipóteses estão relacionadas com uma actividade ou acção. A consequência dessa actividade é o contacto físico e a transferência de materiais da cena do crime ou vítima para o suspeito e vice-versa. A avaliação da evidência neste nível não depende somente dos materiais recolhidos dado que pode haver ausência de materiais. A sua ausência é também evidência com interesse.
- 3) Nível III ou nível do crime (*crime level* ou *offense level*). Está relacionado com o nível de actividade. Em termos jurídicos as hipóteses que têm realmente interesse são as desta categoria. Quanto mais baixo é o nível em que a evidência é avaliada menor é a importância dos resultados no contexto do caso.

Duas abordagens distintas podem ser usadas na avaliação da evidência: a abordagem frequentista e abordagem bayesiana. A primeira usa testes de significância e tem cada vez menos adeptos levando a que a abordagem bayesiana surja como a mais usada e referenciada em trabalhos científicos de análise forense. Esta abordagem baseia-se na utilização do teorema de Bayes.

As probabilidades de culpa ou não culpa do suspeito dadas as evidências encontradas no local do crime e/ou no suspeito, designadas por probabilidades *a posteriori*, são o produto entre as probabilidades iniciais e o chamado factor Bayes ou rácio de verosimilhança. Este rácio é o quociente entre duas probabilidades, a probabilidade da evidência dadas duas hipóteses opostas. Estas hipóteses podem ser as de que o suspeito é culpado ou que é inocente, podendo ser outras consoante o caso em apreço.

Considerando as duas hipóteses (H_A - hipótese da acusação e H_D - hipótese da defesa):

H_A : O suspeito é o criminoso

H_D : O suspeito não é o criminoso

coloca-se a questão de avaliar a culpa do suspeito com base na evidência, E, recolhida no local do crime, recorrendo ao teorema de Bayes.

$$\frac{P(H_A | E)}{P(H_D | E)} = \frac{P(E | H_A)}{P(E | H_D)} \times \frac{P(H_A)}{P(H_D)} \text{ ou seja,}$$

Probabilidade *a Posteriori* = Factor Bayes \times Probabilidade *a Priori*

e onde

$$P(H_i | E) = \frac{P(E | H_i)P(H_i)}{P(E | H_A)P(H_A) + P(E | H_D)P(H_D)} \quad (i = A, D)$$

Considera-se o caso mais simples em que apenas um tipo de evidência é encontrado no local do crime.

Berry *et al.* (1992) sugerem a utilização do rácio de verosimilhança para decidir se as duas amostras de ADN são do mesmo indivíduo. Este rácio é o quociente entre a probabilidade da evidência admitindo que essa evidência pertence ao mesmo indivíduo (hipótese da acusação)

e a probabilidade da evidência assumindo que as provas pertencem a indivíduos distintos (hipótese da defesa).

O rácio de verosimilhança ou factor Bayes representa a força dos dados no teorema de Bayes. Associa o rácio à evidência. O rácio é maior quando a evidência suporta a hipótese de acusação e é menor quando a evidência suporta a hipótese da defesa.

Aqueles autores usam também outro método para comparar as duas amostras de ADN (designado por *matching-bin* ou *match-binning*) composto por duas fases e que se baseia nos testes de hipóteses clássicos. Numa primeira fase efectua-se o teste de significância baseado nas diferenças entre os comprimentos dos fragmentos. Se a diferença for menor em valor absoluto que determinado valor então declara-se existir coincidência.

Não se tem em consideração o facto de os erros estarem correlacionados. Se os testes forem não significativos conclui-se não haver coincidência e que as duas amostras são provenientes de pessoas distintas.

Existindo coincidência, não significa necessariamente que as duas amostras são do suspeito, ela pode dever-se simplesmente ao acaso. Passa-se então à segunda fase que consiste em estimar a proporção de pessoas na população para as quais também existiria coincidência.

Nos casos em que a prova consiste em ADN os autores demonstram a superioridade do factor Bayes. Este método não exclui suspeitos. O método *match-binning* tem uma taxa de exclusão bastante elevada e que pode ser considerada incorrecta. Este método é um refinamento de testes de hipóteses, que apesar de não ter em conta a possível existência de correlações nas medições a sua relativa simplicidade facilita a aceitação em tribunal.

Alguns autores preferem usar apenas o factor Bayes ou rácio de verosimilhança em vez da probabilidade *a posteriori*. No entanto o factor Bayes não é uma medida objectiva para medir o peso de qualquer evidência, ele dá apenas a relação entre duas hipóteses, diz qual é mais provável, dada a evidência encontrada. As probabilidades *a posteriori* têm mais significado, dão mais informação que aquele rácio. Claro que é de ter em conta que para o seu cálculo precisamos conhecer a probabilidade *a priori* de cada hipótese. Não existindo qualquer outra informação disponível pode considerar-se a opção mais conservadora que consiste na ausência de informação. Considera-se *a priori* a probabilidade de culpa igual à probabilidade de não culpa.

O factor Bayes é uma medida da força da evidência enquanto que as probabilidades *a posteriori* são uma indicação da força do caso em tribunal. Quando as probabilidades *a priori* são exageradamente pequenas uma forte evidência não conduz necessariamente a um caso forte. Logo, deve analisar-se a força do caso e não a força da evidência.

Em vez de uma poderão ser consideradas várias evidências assim como outro tipo de informação disponível e com relevância para o caso.

Existem duas questões importantes para o tribunal, juiz e jurados (no caso de existirem):

- 1) Para estarem convencidos da culpa do réu têm que estar convencidos da inocência de todos os indivíduos à face da terra, incluindo os parentes próximos do réu. Esta questão pode envolver múltiplos testes de hipóteses.
- 2) A evidência científica deve ser combinada com evidência não científica para se chegar à decisão final de culpa ou inocência. É uma questão da responsabilidade do juiz e não do perito ou estatístico.

5. O Caso de Sally Clark

Sally Clark era uma solicitadora inglesa que ficou conhecida por ter sido vítima de um erro da justiça ao ser condenada pela morte de dois filhos.

Em Dezembro de 1996, o seu primeiro filho, aparentemente um bebé saudável, foi encontrado morto, tendo na altura apenas 11 semanas de vida. Supostamente a causa da morte relacionava-se com o síndrome de morte súbita, dado não terem sido encontradas outras explicações para a sua morte.

Teve o seu segundo filho em Novembro de 1997. Com apenas oito semanas de vida a criança foi encontrada morta no mesmo dia em que tomou a vacina DPT. A morte e a tomada da vacina não foram relacionadas, sendo encarada com muita suspeição uma segunda morte súbita na mesma família.

Em ambos os casos Sally estava sozinha em casa quando os filhos morreram e foram encontrados sinais de alguma violência que podiam estar relacionados com a tentativa de reanimar as crianças. Sally e o seu marido foram presos por suspeita de homicídio dos filhos, tendo Sally sido julgada e condenada em 1999 a prisão perpétua.

Durante o julgamento as opiniões sobre a causa de morte dividiam-se entre a classe médica. Vários pediatras testemunharam que a causa de morte teria sido natural, enquanto outros, entre os quais Sir Roy Meadow concluíram ter havido crime.

A sentença foi confirmada em 2000 após recurso. Em Janeiro de 2003 Sally foi ilibada depois de ter cumprido três anos de pena.

Teve o seu terceiro filho em 1999. Segundo familiares, Sally nunca recuperou do facto de ter sido condenada e presa injustamente. Foi encontrada morta em sua casa em Março de 2007.

Sally sempre negou ter morto os filhos. A condenação baseou-se essencialmente no testemunho “estatístico” do pediatra Sir Roy Meadow que declarou que “a morte súbita de uma criança é uma tragédia, de duas é suspeita e na terceira há crime até prova em contrário”, o que ficou conhecido como a “Lei de Meadow”.

Este pediatra ganhou notoriedade na década de 90 por ter sido com base na sua opinião de perito que várias mães foram condenadas pela morte dos seus filhos que aparentemente tinham morrido de síndrome de morte súbita.

Ele afirmou que as possibilidades de uma criança proveniente de uma família com as características da família de Sally Clark morrer de síndrome de morte súbita são de aproximadamente de 1 em 8500. Calculou a probabilidade de duas crianças provenientes da mesma família morrerem daquele síndrome elevando ao quadrado aquele valor, obtendo um valor de 1 em 73 milhões.

Este caso tornou-se muito conhecido dada a sua gravidade – uma mãe poder assassinar os seus próprios filhos – mas também porque a condenação se baseou no testemunho de um perito cujas declarações não têm bases estatísticas.

Mais tarde foi revelado que o segundo filho teve uma infecção bacteriana que lhe provocou a morte. Supõe-se que a acusação tinha conhecimento deste facto desde 1998 não tendo informado o tribunal ou a defesa que a segunda morte foi devida a causas naturais.

A ilibação de Sally Clark levou à revisão de casos semelhantes em Inglaterra, nos quais a condenação era baseada nas mesmas declarações daquele pediatra. Foram os casos de Trupti Patel, Ângela Cannings e Donna Anthony. Meadow foi acusado de falta de conduta profissional tendo-lhe sido retirada a sua carteira profissional, mas recorreu e foi-lhe dada razão.

O argumento estatístico que levou à condenação merece algumas considerações.

1) O valor da evidência estatística deve ser apresentado ao tribunal por estatísticos e deve ser apresentada de forma que não haja interpretações erradas por parte do tribunal, juiz e jurados. No caso em apreço a testemunha decisiva, apesar de afamado pediatra, não tinha preparação em termos estatísticos que lhe permitisse ser intitulado de perito nessa área.

2) O cálculo do valor da probabilidade de 1 em 73 milhões baseia-se na hipótese de existência de independência entre as duas mortes. Não seria aplicável no caso de existir uma causa

comum de morte, por exemplo relativa a herança genética. Neste caso não há qualquer indício de existir independência, tendo recentemente sido afirmado que a independência é improvável. A probabilidade de ocorrer a morte súbita de uma criança numa família onde já se verificou uma morte súbita foi estimada em cerca de 1 em 100, por Raymond Hill, Professor da Universidade de Salford. Este valor é bem distinto do apresentado por Meadow.

3) Apesar do valor da probabilidade apresentada ser tão reduzido não permite concluir pela impossibilidade de ocorrerem duas mortes súbitas em qualquer família. A probabilidade de acertar na lotaria também é diminuta e sabemos que alguém ganha o prémio todas as semanas. Quem acerta não é acusado de ter feito “batota”.

4) A probabilidade de ocorrer morte súbita, de 1 em 8500, foi estimada como sendo o rácio entre todas as mortes súbitas e o número de nascimentos em toda a população. Não teve em consideração quaisquer características específicas de algumas famílias que as torna mais vulneráveis à ocorrência de morte súbita que outras, como por exemplo questões genéticas. Assim a ocorrência de uma morte súbita, nesse tipo de família, torna a probabilidade de uma segunda morte mais provável que na população.

5) Não foi feita qualquer referência à probabilidade de uma mãe assassinar dois filhos. Apesar de também assumir um valor reduzido, ela devia ter sido estimada e comparada com o valor de 1 em 73 milhões. Obviamente que há sérios obstáculos para o seu cálculo como a disponibilidade de dados sobre assassinios de filhos recém nascidos por parte das mães. A probabilidade de uma mãe assassinar um segundo tendo assassinado um anteriormente será ainda mais reduzida. É de questionar a oportunidade de essa mãe ter o segundo filho e conseguir assassiná-lo dado que se ela foi identificada como tendo cometido aquele crime seria condenada e estaria presa.

6. Falácia da Acusação e da Defesa

O termo falácia refere-se a argumentos enganadores, tomando a forma de erros estatísticos muitas vezes usados em tribunal como argumentos legais, por parte tanto da acusação como da defesa. É mais vulgar a existência de falácia por parte da acusação que da defesa, e é também mais grave a sua existência dado que pode levar à condenação de inocentes. A falácia de defesa pode levar à ilibação de criminosos. Apesar de reprovável é uma situação menos grave que condenar inocentes.

São vários os erros mais comuns envolvidos na falácia de acusação:

- 1) Entendimento errado do significado da probabilidade de culpa condicionada à evidência existente;
- 2) Menosprezo da probabilidade *a priori* de culpa do suspeito, ou seja, a probabilidade de um individuo ser culpado na ausência de qualquer tipo de prova. Dado qualquer tipo de evidência se é afirmado que a probabilidade de encontrar esse tipo de evidência sendo o suspeito inocente é muito reduzida, a falácia ocorre se se concluir que a probabilidade de o suspeito ser inocente é também reduzida. A probabilidade de culpa depende de outros factores;
- 3) Erro que resulta do entendimento errado da ideia de testes múltiplos. Por exemplo, no caso de a prova ser relativa a ADN e é feita a identificação do criminoso por busca em base de dados, a dimensão da base de dados eleva a verosimilhança de encontrar uma coincidência por puro acaso.

Em relação à falácia da defesa o erro mais comum é o de concluir pela inocência do arguido se a probabilidade de não culpa dada a evidência for muito reduzida.

Em termos legais a acusação trabalha em função da presunção de culpa, a isso é obrigada. O que é o oposto à presunção de inocência até prova em contrário, por parte do juiz e jurados.

7. Em Perspectiva

Nos últimos cem anos assistiu-se a um rápido desenvolvimento das ideias estatísticas em muitos e variados campos da inferência e da teoria da decisão. Numa visão global, as diversas abordagens podem ser incluídas em três diferentes domínios: a estimação e os testes de hipóteses de Fisher, Neyman, Pearson e outros; as metodologias bayesianas e a teoria da decisão iniciada por Wald. Na sua diversidade e na especificidade de hipóteses e teses em cada uma dessas abordagens, de algum modo, devemos ver a riqueza científica que elas proporcionam. Um aprofundamento do estudo pode levar-nos para um caminho de investigação que está muito para além da “tradicional dicotomia” – inferência clássica versus inferência bayesiana. É claro que na recente estatística forense também este percurso alternativo de estudo deve ser feito.

Em 1974, Lindley predizia que o século XXI seria bayesiano. Por sua vez, em Efron (1998) e com o apoio dos comentários de Cox, Kass, Barndorff-Nielsen, Hinkley, Fraser e Dempster, mostra a importância de Fisher nesse século.

A teoria dos outliers é um domínio transversal a todas aquelas abordagens. Embora com as dificuldades específicas de cada caso o estudo de outliers numa amostra tem evoluído nos últimos cinquenta anos para um patamar muito mais alto do que as tradicionais decisões de rejeitar ou não algum valor que, subjectivamente, ao experimentador se torna suspeito.

Um “problema na ciência forense” foi o ponto de partida para um estudo de Lindley (1977). Adoptando o modelo de Lindley (1977), Grove (1980) propõe uma solução não bayesiana para o estudo da cena do crime. Como se pode constatar na literatura da especialidade, a estatística forense tem avançado os seus estudos numa perspectiva maioritariamente “não clássica”. Começam a surgir alguns estudos de outliers. Para uma abordagem bayesiana da teoria dos outliers deve consultar-se, principalmente, o capítulo 9 de Barnett e Lewis (1994).

Cumprindo o caminho da estatística é agora importante que se avance também para uma perspectiva mais “não bayesiana” da estatística forense - e, por consequência, também no estudo dos outliers, principalmente no domínio multivariado.

Referências

- Aitken**, C.G.G. e **Lucy**, D. (2004), “Evaluation of trace evidence in the form of multivariate data”. *Applied Statistics*, **53**, 109-122.
- Aitken**, C.G.G. e **Taroni**, F. (2004), “*Statistics and the Evaluation of Evidence for Forensic Scientists*”. (2nd edition), John Wiley & Sons, Ltd.
- Aitken**, C.G.G., **Bring**, J., **Leonard**, T. e **Papasouliotis**, O. (1997), “Estimation of quantities of drugs handled and the burden of proof”. *Journal of the Royal Statistical Society*, series A, **160**, 333-350.

- Aitkin**, M. (1991), “Posterior Bayes Factors”. *Journal of the American Statistical Society*, Serie B, **53**, 111-142.
- Andrade**, Marina A.P. (2001), “O Teorema de Bayes como Ferramenta Auxiliar em Análise Forense”. Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Andrade**, Marina A.P. (2007), “A Estatística Bayesiana na Identificação Forense – Análise e avaliação de vestígios de DNA com redes bayesianas”. Tese de Doutoramento, Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa.
- Balding**, D.J. (1995) “Estimating Products in Forensic Identification using DNA Profiles”. *Journal of the American Statistical Association*, **90**, 839-844.
- Balding**, D.J. e **Donnelly**, P. (1995) “Inference in Forensic Identification (with discussion)”. *Journal of the Royal Statistical Society*, A, **158**, part 1, 21-53.
- Balding**, D.J. (2002) “The DNA database controversy” *Biometrics*, **58**, 241-244.
- Barnett**, V. e **Lewis**, T. (1994) “*Outliers in Statistical Data*”. 3ª edição. Wiley.
- Berry**, D.A., **Evett**, I.W. e **Pinchin**, R. (1992) “Statistical inference in crime investigations using DNA Profiling”. *Applied Statistics*, **41**, 499-531.
- Dawid**, A.P. e **Mortera**, J. (1996) “Coherent use of Identification Evidence”. *Journal of the Royal Statistical Society*, serie B, **58**, 425-443.
- Dawid**, A.P. e **Mortera**, J. (1998) “Forensic Identification with Imperfect Evidence”. *Biometrika*, **85**, 4, 835-849.
- Dawid**, A.P. (2001) “Comment on Stockmarr’s Likelihood ratios for evaluating DNA evidence when the suspect is found through a database search”. *Biometrics*, **57**, 967-978.
- Devlin**, B., **Risch**, N. e **Roeder**, K. (1992) “Forensic Inference from DNA Fingerprints”. *Journal of the American Statistical Association*, vol.87, **418**, 337-350.
- Efron**, B. (1998) “R. A. Fisher in the 21st Century”. *Statistical Science*, 95-122.
- Evett**, I. W. (1984), “A quantitative theory for interpreting transfer evidence in criminal cases”. *Applied Statistics*, **33**, 25-32.
- Evett**, I. W., **Cage**, P. E. e **Aitken**, C. G. G. (1987), “Evaluation of the likelihood ratio for fibre transfer evidence in criminal cases”. *Applied Statistics*, **36**, 174-180.
- Foreman**, L.A., **Smith**, A.F.M. e **Evett**, I.W. (1997) “Bayesian Analysis of DNA Profiling Data in Forensic Identification Applications”. *Journal of the Royal Statistical Society*, serie A, **160**, 429-469.
- Geisser**, S. (1992) “Some Statistical Issues in Medicine and Forensics”. *Journal of the American Statistical Association*, vol.87, **429**, 607-614.
- Gonçalves**, L. (1997) “*A Estatística na Genética e em Particular na Análise do DNA*”. Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Grove**, D.M. (1980),” The interpretation of forensic evidence using a likelihood ratio”. *Biometrika*, **67**, 243-246.
- Lindley**, D.V. (1977) “A Problem in Forensic Science”. *Biometrika*, **64**, 207-213.
- Lucy**, D. (2005) “*Introductory Statistics for Forensic Scientists*”. Wiley.
- Meester**, R. e **Sjerps**, M. (2003) “The evidential value in the DNA database search controversy and the two-stain problem”. *Biometrics*, **59**, 727-732.
- Parker** J.B. e **Holford**, A. (1968) “Optimum test statistics with particular reference to a forensic science problem”. *Applied Statistics*, **17**, 237-251.
- Roeder**, K.; **Escobar**, M., **Kadane**, J.B. e **Balazs**, I. (1998) “Measuring Heterogeneity in forensic databases using hierarchical bayes models”. *Biometrika*, **85**, 269-287.
- Sehult**, A. (1978) “On a problem in forensic science”. *Biometrika*, **65**, 646-648.
- Stockmarr**, A. (1999) “Likelihood Ratios of Evaluating DNA Evidence when the Suspect is Found Through a Database Search”. *Biometrics*, **55**, 671-677.

Wakefield, J.C., Skene, A.M., Smith, A.F.M. e Evett, I.W. (1991) “The evaluation of fibre transfer evidence in forensic science: a case study in statistical modelling”. *Applied Statistics*, **40**, 461-476.