



**CAPTAR**  
ciência e ambiente para todos

volume 1 • número 2 • p 136-146

## **Análise de cabelos: a impressão digital ambiental**

Durante as últimas décadas, a investigação sobre a quantificação de metais em cabelos tem vindo a ganhar inúmeros adeptos devido à potencial aplicação na avaliação de exposições ambientais, de intoxicações recorrentes, do estado nutricional dos indivíduos e no diagnóstico de patologias diversas. Os cabelos são um órgão que pela sua estrutura e composição podem acumular informação de contaminação ao longo de um determinado período de tempo. Esta capacidade faz com que sejam vistos como uma boa ferramenta de impressão digital ambiental, quando analisados em indivíduos expostos. Assim, o presente manuscrito pretende fazer uma compilação dos estudos e metodologias descritas por diversos autores utilizando amostras de cabelo humano. Inicialmente, e para contextualizar, são apresentados casos de estudos nas diferentes áreas de aplicação: exposições ambientais e/ou ocupacionais e distúrbios fisiológicos e patologias, assim como as fontes de variabilidade natural responsáveis pelos níveis anormais de alguns elementos no cabelo de determinados indivíduos. A metodologia é descrita de forma sucinta evidenciando a sua simples aplicação na obtenção de dados. A título exemplificativo é apresentado um caso de estudo desenvolvido em Portugal, na Mina de São Domingos, onde se detectaram concentrações elevadas de As, Cd e Cu em indivíduos residentes junto à área mineira. De modo a compreender e perceber as lacunas da metodologia são apresentadas as desvantagens e/ou limitações com que os autores se debatem. Por fim, e com carácter regional, faz um resumo sobre os trabalhos realizados em Portugal, neste âmbito, bem como propõe trabalho futuro e metodologia de intervenção.

### **Palavras-chave**

metais e metalóides  
análise de cabelos  
ambiente  
contaminação

Sara C Antunes<sup>1\*</sup>

Armando C Duarte<sup>2</sup>

Fernando Gonçalves<sup>1</sup>

Ruth Pereira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CESAM – Centro de Estudos do Ambiente e do Mar e Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro.

<sup>2</sup> CESAM – Centro de Estudos do Ambiente e do Mar e Departamento de Química da Universidade de Aveiro.

\* scantunes@ua.pt

ISSN 1647-323X

## INTRODUÇÃO

As acções intensivas (e.g. agricultura, indústria, exploração mineira, urbanismo) do Homem sobre o planeta têm originado problemas ambientais irreversíveis. As alterações dos equilíbrios ambientais provocam perturbações nos ecossistemas, levando na maior parte das vezes à perda de biodiversidade e à biodisponibilidade de contaminantes. No topo da cadeia de quem sofre os impactos ambientais está o próprio responsável, o Homem. Os seres humanos são assim eco-receptores da grande variedade de contaminantes ambientais, sofrendo normalmente pesadas consequências quando expostos directamente (e.g. diversos tipos de doenças crónicas como o cancro). No entanto, é notória a escassez de dados/informação sobre os níveis de exposição a que os seres humanos estão sujeitos, assim como dados relativos a claras relações causa-efeito entre as exposições ambientais a múltiplos factores e a incidência de determinadas patologias. Por norma, a exposição é recorrente e os seres humanos possuem órgãos e estruturas primordiais de destoxificação e acumulação de contaminantes (e.g. cabelos, unhas, urina, fígado, ossos, sangue) algumas das quais quando avaliadas podem inclusivamente proporcionar informação temporal sobre a exposição química. Os metais são um exemplo de contaminantes ambientais ubíquistas ocupando toda a crosta terrestre, podendo apresentar-se sob formas biodisponíveis para os organismos. Alguns desses elementos são mesmo essenciais para o Homem (e.g. Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Si, V e Zn), no entanto se acumulados em grandes quantidades poderão ser prejudiciais para a saúde humana. Por outro lado, existem elementos (e.g. Al, As, Cd, Sb, Pt, Pb e Hg) que, quando consumidos em pequenas doses, apresentam uma preocupação acrescida para a saúde humana, devido ao seu carácter tóxico.

A análise de amostras biológicas (urina e sangue) em estudos epidemiológicos tem sido uma técnica bastante utilizada devido à sua sensibilidade na detecção de determinados elementos tóxicos (e.g. metais, drogas), assim como de elementos essenciais ao organismo. Mais recentemente, os folículos capilares (cabelos, pêlos púbicos) surgiram como amostra biológica alternativa utilizada para o mesmo fim (Sachs, 1997). Os primeiros estudos com amostras de cabelo ocorreram com o objectivo de avaliar a exposição a arsénio (As), após intoxicações (e.g. *o cabelo de Napoleão, analisado em 1961 revelou um nível de arsénio 100x superior ao normal, demonstrando que o imperador deverá ter sido intoxicado – McDonald, 1961*), a mercúrio (Hg) após o tratamento da sífilis e ao consumo de drogas (Campbell, 1985; Manson e Zlotkin, 1985; Sachs, 1997; Villain et al., 2004). A análise de cabelos, em particular, possui a capacidade de reter a impressão digital dos contaminantes ao longo do tempo, promovida por exposições contínuas, e a sua avaliação permite actuar rapidamente sobre uma situação de risco (Hilderbrand e White, 1974; Chittleborough, 1980). Deste modo esta técnica tem sido recorrentemente utilizada em estudos epidemiológicos devido às suas inúmeras vantagens, nomeadamente: i) a facilidade de recolha sem trauma para o indivíduo; ii) o fácil transporte e armazenamento das amostras; iii) apresentar concentrações de metais superiores às registadas normalmente em outras amostras biológicas (e.g. sangue e urina), o que resulta da composição proteica do cabelo que facilita a ligação dos elementos metálicos; iv) a estabilidade química e estrutural das amostras e, v) a possibilidade de obter um registo histórico de exposição ambiental (Hilderbrand DC, White DH, 1974; DeAntonio, 1982; Mason e Zlotkin, 1985; Dörner, 1988; Dede et al., 2001).

Após o desenvolvimento e aplicação da análise de cabelos, vários estudos têm sido realizados ao longo destes últimos anos, nomeadamente na avaliação de: intoxicações sistemáticas (e.g. alimentares, drogas),

exposições ambientais e ocupacionais, estados nutricionais, diagnóstico de doenças, ciência forense (e.g. Manson e Zlotkin, 1985; Nowak e Kozłowski, 1998; Harkins e Susten, 2003; Poon et al., 2004; Villain et al., 2004; Dunicz-Sokolowska et al., 2006; Pereira et al., 2004; González-Muñoz et al., 2008).

### *Exemplos de alguns estudos*

#### Variabilidade natural

- Gordon et al. (1985) ao analisarem 17380 amostras de cabelo, demonstraram que a idade e o género influenciavam significativamente as concentrações de alguns metais (Pb, Hg, Cd, Ni, As, Ca, Mg, Cu, Zn e Cr) acumulados no cabelo do escalpe dos indivíduos. Nowak et al. (2000) observou que as concentrações de Pb determinadas no cabelo de trabalhadores Polacos expostos ambientalmente a Pb e a Cd (no districto de Katowice – classificada como a região mais poluída da Polónia) estavam dependentes da idade e do género. Observou ainda que do aumento de Pb no cabelo ocorria em paralelo com um decréscimo de Fe e Ca e alterações no rácio de alguns elementos essenciais (Fe-Cu, Fe-Zn e Ca-Zn). Chojnacka et al. (2006) após análise de 83 amostras de cabelo de indivíduos que viviam numa zona urbana e industrializada da Polónia (Wroclaw) demonstraram igualmente que a composição elementar do cabelo diferia com a idade, género, cor do cabelo e hábitos tabágicos. Contudo, a relação com estes factores parecia ser específica para os diferentes elementos metálicos. No caso da idade, verificou-se que esta não afectava a acumulação de metais como o Se, Mn, Hg, Cd e de metalóides como o As; a cor do cabelo não estava correlacionada com elementos como P, Fe, Al, Mn, Cr; o género não explica concentrações de Al, Cd, Co e por último os hábitos tabágicos não pareciam afectar as concentrações de Ag, Be, Co no cabelo do escalpe dos indivíduos.

#### Exposição ambiental e/ou ocupacional

- Ashraf et al. (1994) constataram que trabalhadores de transportes públicos e mecânicos da industrializada cidade de Lahore (Paquistão) evidenciavam exposições tipicamente metropolitanas, com valores elevados de As, Hg e Pb, não obstante os níveis de Na e K registados demonstrarem que os indivíduos apresentavam um bom estado nutricional. Gryboś et al. (2005) verificaram que indivíduos residentes em três zonas urbanas, em redor de Cracóvia (Polónia), classificadas com poluição ambiental por diferentes metais, apresentavam valores mais elevados de alguns desses elementos (e.g. Cd, Cu, Mn e Ni) quando comparados com um grupo controlo residente num meio rural, Limanowa - a cerca de 50km de Cracóvia. Özden et al. (2007) procuraram relacionar os níveis elevados de Cd e Pb registados no cabelo do escalpe de crianças com exposições ao fumo do tabaco e a proximidade das escolas a estradas e/ou grandes vias de trânsito. Amaral et al. (2008) reportaram ainda que indivíduos expostos ambientalmente a emissões vulcânicas nos Açores apresentavam valores mais elevados de Cd, Cu, Pb, Rb e Zn, acumulados no cabelo. Khuder et al. (2008) observaram concentrações mais elevadas de Pb em trabalhadores de indústrias de baterias, na Síria, em comparação com trabalhadores de outros complexos industriais. Por sua vez, Carvalho et al. (2009) registaram valores elevados de Pb e Hg em indivíduos residentes em áreas adjacentes a zonas de extracção de ouro, no Brasil.

#### Distúrbios fisiológicos e patologias

- Man et al. (1996) estudaram crianças que sofriam de espasmos e verificaram que estas apresentavam valores mais elevados de Al, Sb, Pb, Mn, K, Sr e V no cabelo quando comparadas com crianças de um grupo de controlo. Os autores associaram a ocorrência de espasmos a alterações no

sistema nervoso e muscular provocada pela exposição aos elementos metálicos. Afridi et al. (2006) ao compararem as concentrações de metais acumuladas no cabelo de doentes hipertensos e num grupo de controlo não-hipertenso, registaram valores mais elevados de Ni, Cd, Cr, Cu e Pb e valores mais baixos de alguns elementos essenciais (Fe e Zn) nos doentes. Em oposição, Pasha et al. (2007) verificaram que doentes com cancro apresentavam valores mais altos de elementos essenciais como o Ca, Na, Zn, Mg, Fe, Sr e K, provavelmente devido a distúrbios fisiológicos resultantes da doença ou dos tratamentos. Por sua vez, Afridi et al. (2008) reportaram que indivíduos diabéticos, independentemente de serem fumadores ou não, apresentavam valores significativamente mais elevados de Pb, Cd e As. Kazi et al. (2008a) observaram concentrações mais elevadas de Fe, Cu e Zn em doentes que haviam sofrido um enfarte do miocárdio, com um incremento na ordem de 0,83% em Fe e 3,12% em Cu. Estes mesmos autores (Kazi et al., 2008b) registaram também um aumento na concentração de Cd em doentes que sofriam de cancro do pulmão. Registaram ainda que, os doentes que continuavam a fumar após o diagnóstico da doença, tinham uma concentração de Cd no cabelo 22,4-57,3% mais alta, que os do grupo de controlo. Afridi et al. (2009) registaram níveis significativamente mais baixos de Cr, Mn e Zn nos cabelos de mães diabéticas e nos seus recém-nascidos.

Os estudos apresentados demonstram assim, que embora tenham sido encontradas associações entre a acumulação de alguns elementos metálicos nos cabelos do escalpe de indivíduos com determinadas patologias, com base nos mesmos não foi possível: i) determinar se os elementos metálicos acumulados fizeram parte da etiologia das patologias diagnosticadas, ii) ou se por oposição foram originados por distúrbios fisiológicos resultantes da patologia que alteraram a homeostasia do organismo. Adicionalmente, os autores reportados raramente fazem uma análise conjunta de outros factores que possam influenciar a acumulação/deficiência dos elementos em análise, o que dificulta ainda mais o estabelecimento de relações causa-efeito.

## **METODOLOGIA**

A análise de cabelos, é uma ferramenta de diagnóstico de exposição ambiental e/ou ocupacional aplicada a diversos fins específicos. A análise de metais em cabelos divide-se em três etapas específicas: (i) método de recolha e armazenamento, (ii) preparação das amostras e (iii) digestão e análise química.

(i) *Recolha e armazenamento* - amostragem dos folículos capilares (cabelo) deve ser feita após o devido esclarecimento dos indivíduos que aceitem participar no estudo, dando o seu consentimento informado para o efeito. O método de recolha é simples e não evasivo. O material necessário para a recolha é composto por uma tesoura de titânio (evita contaminações com metais) e sacos herméticos para guardar as amostras. Uma vez que os folículos capilares diferem entre si (e.g. na composição, exposição – DeAntonio et al., 1982), as amostras de cabelo devem ser recolhidas sempre na mesma região – de preferência a occipital. As amostras de ≈100 mg de cabelo devem ser recolhidas a cerca de 5 mm do escalpe (acima da base do poro). Na incapacidade de proceder de imediato à análise química das amostras estas devem ser devidamente identificadas e armazenadas a -20°C.

(ii) *Preparação das amostras* (Chittleborough, 1980; Subramanian, 1996; Tagliaro et al., 1997) - antes de se proceder à análise química propriamente dita, as amostras de cabelo do escalpe devem sofrer alguns tratamentos:

- Lavagem (Assarian et al., 1977; DeAntonio et al., 1982; Man et al., 1996; Subramanian, 1996; Rodushkin e Axelsson, 2000; Sen e das Chaudhuri, 2001; Afridi et al., 2006; Dunicz-Sokolowska et al., 2006; Özden et al., 2007; Pasha et al., 2007; Gray et al., 2008; Saber-Tehrani e Tadayon, 2009): a lavagem dos cabelos pretende retirar as partículas adsorvidas ao cabelo bem como as gorduras existentes (e.g. óleos, lacas, poeiras, shampôs). Esta etapa apresenta ainda bastante controvérsia, entre os especialistas, uma vez que não existe nenhum método de lavagem que permita distinguir a contaminação interna, dos elementos adsorvidos externamente à superfície do cabelo. Por outro lado discute-se até que ponto este passo pode influenciar a disponibilidade de alguns elementos. A maioria dos autores defende a lavagem das amostras, existindo assim vários métodos descritos na bibliografia para o efeito, nomeadamente: a lavagem com água desionizada em banho de ultra-sons; a lavagem com solventes como a acetona, o dietil-éter ou com detergentes livres de iões metálicos, ou ainda lavagens sequenciais, como por exemplo em hexano-etanol-água. Ainda assim, o método mais utilizado é recomendado pela Agência Internacional de Energia Atómica (IAEA): sendo o método da lavagem sequencial com acetona. Este método baseia-se em lavagens sucessivas de 10 minutos em acetona – água desionizada - água desionizada – água desionizada – acetona, sendo que após a última lavagem as amostras são filtradas, secas ao ar ficando prontas para o passo seguinte, a digestão.

(iii) *Digestão e análise química*

- Digestão (Rodushkin e Axelsson, 2000; Pereira et al., 2004; Afridi et al., 2006; Dunicz-Sokolowska et al., 2006; Özden et al., 2007; Pasha et al., 2007; Amaral et al., 2008; Kazi et al., 2008b; Afridi et al., 2009): para se proceder à digestão, normalmente as amostras são mergulhadas numa mistura de ácidos (e.g. perclórico, nítrico, clorídrico), sendo esta depois geralmente potenciada por microondas, placa quente, banho de areia ou banho de água. Esta digestão por ácidos pretende decompor a matéria orgânica, no entanto após a digestão por vezes ficam alguns resíduos, para tal adiciona-se algumas gotas de peróxido de hidrogénio com o intuito de destruir os pequenos resíduos que possam interferir com a análise química.

- Análise química (Subramanian, 1996; Shah et al., 2005; Chojnacka et al., 2006; Kempson et al., 2006; Rodrigues et al., 2008; Saber-Tehrani e Tadayon, 2009): as amostras digeridas são analisadas para determinação das concentrações dos elementos metálicos pretendidos através de espectrometria de massa com plasma induzido acoplado (ICP-MS), espectrometria de absorção atómica (AAS), espectrometria de absorção atómica com chama (FAAS), espectrometria de absorção atómica electrotérmica (ETAAS) espectrometria de absorção atómica com forno de grafite (GF-AAS).

## UM CASO DE ESTUDO: MINA DE S. DOMINGOS

A Mina de São Domingos é uma pequena localidade no Sudeste Alentejano, a 20 Km de Mértola situada na margem esquerda do Rio Guadiana, onde foi efectuada a exploração e extracção de pirites cúpricas (ricas em Fe, Cu S), ao longo de várias décadas (de 1868 a 1965), numa mina que recebeu o mesmo nome da localidade. Após a exploração, a mina foi abandonada deixando marcas irreversíveis na área de extracção bem como nas áreas adjacentes, tanto a nível de alterações químicas e físicas do solo e recursos de hídricos adjacentes, como em alterações paisagísticas. Ao longo do período de exploração recorreu-se a drenagem ácida para lavagem do minério resultando daí amontoados de escória e lagoas ácidas que ainda hoje se encontram no local. A população da Mina de São Domingos vive lado a lado com a mina utilizando os terrenos adjacentes para culturas de subsistência, o que levou a que se colocasse a hipótese de que a comunidade local pudesse estar exposta a uma mistura complexa de metais, tanto através do consumo de água, como de alimentos cultivados localmente e ainda pela inalação de poeiras. Assim, e com o objectivo de validar esta hipótese foi desenvolvido um estudo que teve como objectivo avaliar a potencial exposição ambiental da população humana a metais, na mina de S. Domingos (Pereira et al., 2004). Para o efeito, foram recolhidas amostras de cabelo e paralelamente foi realizado um questionário com vista a recolher informação sobre hábitos alimentares, estado de saúde, hábitos tabágicos, consumo de bebidas etc., de modo a poder correlacionar as concentrações de metais acumuladas no cabelo de escalpe dos indivíduos, com as diferentes vias de exposição ambiental.

O estudo envolveu a recolha e análise de cabelos de 52 indivíduos residentes na Mina de São Domingos (n=29) e em duas aldeias na vizinhança da mina (Corte do Pinto - CP, a montante da mina n=13 e Santana de Cambas - SC, a jusante na mina n=10). As amostras foram lavadas segundo o método proposto por Agência Internacional de Energia Atómica – (IAEA, 1977) através de uma sequência de lavagens de acetona - água desionizada – água desionizada – água desionizada - acetona e a digestão feita através de uma sequência de ácido nítrico e peróxido de hidrogénio (Pereira et al., 2004). Após a digestão, as amostras foram analisadas para determinação das concentrações de alguns metais e metalóides previamente seleccionados (As, Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn), por de Espectrometria de Absorção Atómica com chama e forno de grafite. A ocorrência de elementos metálicos no cabelo é normal, uma vez que esses elementos existem no ambiente. No entanto, elevadas concentrações de algumas associações de elementos (Mn-Zn, As e Cd) demonstram que a exposição ambiental se tornou preocupante. A ocorrência desses elementos em concentrações elevadas pode levar a graves problemas de saúde: Zn – anemia, irritação gastrointestinal, risco de doenças coronárias; Mn – decréscimo do nível de hormonas reprodutivas, impotência e/ou infertilidade no homem, alterações no ciclo menstrual da mulher; Pb – cancro do pulmão (Pereira et al., 2004).

Os resultados obtidos revelaram a existência de metais (As, Cd e Cu) em concentrações mais elevadas, nomeadamente nos indivíduos da Mina de São Domingos. Por oposição o Cr foi registado em concentrações mais elevada no cabelo dos indivíduos que viviam a montante da mina em Corte do Pinto ( $\approx 0.450 \mu\text{g/g}$  de peso seco de cabelo), no entanto este local também se caracterizou por conter níveis relativamente altos deste metal nos solos. Os valores de Mn e Zn observados nas amostras de cabelo foram estatisticamente diferentes nos três locais. A concentração mais alta de Mn foi registada em CP e SC, precisamente onde se registaram os valores mais altos de Mn nos solos (Pereira et al., 2006). O Zn foi

particularmente acumulado, registando-se os valores mais altos no cabelo dos indivíduos de SC (zona da fábrica de enxofre). Quando se correlacionaram os dados registados com as respostas dos questionários registaram-se algumas situações particularmente interessantes:

- todos os indivíduos que apresentaram concentrações mais elevadas de metais nos cabelos consumiam um ou mais destes produtos: água do poço, frutos e/ou vegetais de hortas pessoais, peixe capturado hídricos (tapadas e rios);
- foram registadas concentrações elevadas de As nos indivíduos que consumiam leite e queijo produzidos na região; o mesmo padrão foi observado para o Mn e apenas nos indivíduos adultos;
- As, Cr, Cu e Zn foram registados em concentrações elevadas em indivíduos que afirmaram consumir carne de gado pruzizado na região;
- não se registaram diferenças significativas para o Cu e Zn nos indivíduos que consumiam frutos e vegetais de hortas pessoais, os mesmos resultados foram observados para o Mn em relação aos indivíduos que consomem peixe capturado nos sistemas de água doce locais;
- não foi observada nenhuma evidência que o consumo de água da região fosse uma fonte de contaminação de metais;
- a concentração mais alta de chumbo (Pb) no cabelo foi registada num habitante da MSD, no entanto, o dador afirmou fumar 60 cigarros por dia.

Em suma, os resultados deste estudo demonstram que apesar da limitação da análise de cabelos esta é uma ferramenta de diagnóstico e de exposição ambiental com sensibilidade. A Mina de São Domingos é uma área com elevadas concentrações ambientais de metais, nomeadamente Mn e Zn, elementos registados tanto em cabelos de indivíduos da zona de exploração bem como nos solos dessa área (Pereira et al., 2006). A exposição dos indivíduos é elevada e de carácter contínuo uma vez que muitos dos produtos alimentares consumidos são produzidos/cultivados em terrenos pessoais adjacentes à área mineira (e.g. gado, produtos hortícolas).

## DESVANTAGENS DA TÉCNICA

Apesar das vantagens da análise de cabelos serem muitas, existem algumas limitações nesta metodologia que devem ser levadas em conta aquando da interpretação dos resultados. É uma técnica de grande sensibilidade na detecção de concentrações de metais acumuladas nos cabelos o que nos indica com um grau de certeza elevado a ocorrência de exposições. No entanto, existe a incerteza na identificação da fonte de exposição, continuando a haver dificuldades em distinguir se a fonte de contaminação é exógena ou endógena.

A avaliação de exposições requer a existência de um grupo de controlo, ou de informação sobre os níveis de contaminantes passíveis de serem encontrados no cabelo do escalpe de indivíduos não expostos, isto é de valores de referência. Estes valores são particularmente úteis, na medida em que mesmo quando existe um grupo de controlo, fontes de variabilidade externa acima descritas podem dificultar a interpretação dos resultados. Alguns estudos reportam valores de referência de metais em cabelos para regiões e países em particular (Chittleborough, 1980; Caroli et al., 1994; Rodushkin e Axelsson, 2000; ATSDR, 2001; Carneiro et al., 2002). Contudo, os valores de referência existentes são escassos e restritos ao local onde foram determinados. Por outro lado, a transposição e utilização destes valores de referência para comparação

com concentrações acumuladas em cabelos de indivíduos expostos noutros países ou noutras regiões, não deverá ser feita, dado que diversas variáveis ambientais e intrínsecas aos indivíduos condicionam a acumulação das mais diversas substâncias químicas (nomeadamente metais) nos cabelos do escalpe (Gryboś et al. 2005; Amaral et al. 2008; Carvalho et al., 2009). Assim, é necessário que cada país obtenha os seus valores de referência regionais para assim, poder determinar valores a partir dos quais se pode considerar que os indivíduos estão expostos.

A sub-estimação de alguns valores de metais é outra fonte de incerteza. Essa sub-estimação deve-se aos problemas inerentes aos diferentes métodos de lavagem das amostras de cabelo. Como descrito anteriormente existem metodologias diversas havendo autores que defendem que algumas são extremamente abrasivas, levando à perda de elementos metálicos de origem endógena (Senofonte et al., 2000; ATSDR, 2001; Saber-Tehrani e Tadayon, 2009).

A análise laboratorial das amostras ainda apresenta grande variabilidade entre resultados (Kruse-Jarres, 2000; ATSDR, 2001; Seidel et al., 2001). Esta variabilidade inter-laboratorial restringe a possibilidade de comparar resultados entre estudos.

Outro grande entrave na interpretação dos resultados da análise de metais em cabelos consiste na variabilidade relativamente às condições dos dadores. A alimentação, a utilização de drogas e/ou hábitos tabágicos, o género, a idade, a cor e utilização de produtos de cosmética no cabelo e profissão são algumas das variáveis que influenciam significativamente as concentrações de metais no cabelo (Nowak, 1998; Kruse-Jarres, 2000; Wenning, 2000; Dede et al., 2001; Frisch e Schwartz, 2002).



## A REALIDADE PORTUGUESA

No contexto nacional o cenário não é muito diferente dos outros países. Os estudos efectuados são limitados e normalmente incidem sobretudo em indivíduos de locais contaminados:

- Teresa et al. (1997) analisou amostras de cabelo em aprendizes de uma escola técnico-profissional de soldar, no Porto, expostos a baixas doses de fumo, no intuito de avaliar exposição a alguns metais (Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Cr, Ni e Ca);
- Pereira et al. (2004) efectuou o estudo descrito anteriormente, para avaliar a exposição ambiental a metais nos habitantes da Mina de São Domingos;
- Amaral et al. (2008) recolheu amostras de cabelo do escalpe de homens expostos a poeiras vulcânicas nos Açores e quantificou as concentrações de Cd, Cu, Pb, Rb, Se e Zn;
- Reis et al. (2008) utilizou amostras de cabelos do escalpe e púbicos de crianças, mulheres grávidas ou a tentar engravidar, bem como da população em geral, residente em Lisboa, para biomonиторizar a ocorrência de metais, dioxinas e/ou outros poluentes orgânicos.

Deste modo, e recorrendo à metodologia da análise de cabelos existe muita investigação a fazer, nomeadamente e essencialmente para apurar valores de referência para o nosso país, e ainda para correlacionar a ocorrência de metais no cabelo com determinadas patologias, de forma a que este tipo de informação possa ser utilizada no diagnóstico clínico. É urgente a construção de uma base de dados com valores de referência de forma a facilitar a avaliação de exposições ambientais e ocupacionais de seres humanos. Contudo, é necessário não esquecer todos os factores que influenciam a acumulação de metais



no cabelo, pelo que se sugere que seja sempre aplicado em paralelo um questionário que recolha a informação sobre todos os possíveis factores de confusão (Senofonte et al., 2000; Pereira et al., 2004; Gryboś et al., 2005; Afridi et al., 2009). Esta amostragem composta (cabelos e questionários), é assim um procedimento mais vantajoso na obtenção de informação capaz de facilitar na interpretação dos dados obtidos bem como observar possíveis co-relações.

---

**agradecimentos** • Sara C. Antunes é financiada através de uma bolsa concedida pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), Portugal. (ref. SFRH/BPD/40052/2007).

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afridi H I, Kazi TG, Jamali MK, Kazi GH, Arain , Jalbani N, Shar GQ (2006). Analysis of heavy metals in scalp hair samples of hypertensive patients by conventional and microwave digestion methods. *Spectroscopy Letters* 39(2): 203-214.
- Afridi HI, Kazi TG, Kazi N, Baig JA, Jamali MK, Arain MB, Sarfraz RA, Sheikh HUR, Kandhro GA, Shah AQ (2009). Status of essential trace metals in biological samples of diabetic mother and their neonates. *Archives of Gynecology and Obstetrics* 280: 415-423.
- Afridi HI, Tasneem GK, Kazi N, Jamali MK, Arain MB, Jalbani N, Baig JA, Sarfraz RA (2008). Evaluation of status of toxic metals in biological samples of diabetes mellitus patients. *Diabetes Research and Clinical Practice* 80: 280-288.
- Alvarenga P, Palma P, Gonçalves AP, Fernandes RM, de Varennes A, Vallini G, Duarte E, Cunha-Queda AC (2008). Evaluation of tests to assess the quality of mine-contaminated soils. *Environmental Geochemistry and Health* 30: 95-99.
- Amaral AFS, Arruda M, Cabral S, Rodrigues AS (2008). Essential and non-essential trace elements in scalp hair of men chronically exposed to volcanogenic metals in the Azores, Portugal. *Environment International* 34: 1104-1108.
- Ashraf W, Jaffar M, Mohammad D (1994). Trace-Metal Contamination Study on Scalp Hair of Occupationally Exposed Workers. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 53: 516-523.
- Assarian GS, Oberleas D (1977). Effect of Washing Procedures on Trace-Element Content of Hair. *Clinical Chemistry* 23(9): 1771-1772.
- ATSDR - The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2001). Summary Report - Hair analysis panel discussion: exploring the state of the science. Division of Health Assessment and Consultation and Division of Health Education and Promotion Atlanta, Georgia.
- Borella P, Rovesti S, Caselgrandi E, Bargellini A (1996). Quality Control in Hair Analysis: a Systematic Study on Washing Procedures for Trace Element Determinations. *Mikrochimica Acta* 123: 271-280
- Campbell JD (1985). Hair Analysis - a Diagnostic-Tool for Measuring Mineral Status in Humans. *Journal of Orthomolecular Psychiatry* 14(4): 276-280.
- Carneiro MTWD, da Silveira CLP, Miekeley N, Fortes LMD (2002). Reference intervals for minor and trace elements in human hair for the population of Rio de Janeiro city, Brazil. *Quimica Nova* 25: 37-45.
- Caroli S, Alimonti A, Coni E, Petrucci F, Senofonte O, Violante N (1994). The Assessment of Reference Values for Elements in Human Biological Tissues and Fluids - a Systematic Review. *Critical Reviews in Analytical Chemistry* 24: 363-398.
- Carvalho ASC, Santos AS, Pereira SFP, Alves CN (2009). Levels of As, Cd, Pb and Hg Found in the Hair from People Living in Altamira, Para, Brazil: Environmental Implications in the Belo Monte Area. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 20: 1153-1163.
- Chittleborough G (1980). Chemists View of the Analysis of Human-Hair for Trace-Elements. *Science of the Total Environment* 14(1): 53-75.
- Chojnacka K, Gorecka H, Gorecki H (2006). The effect of age, sex, smoking habit and hair color on the composition of hair. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 22: 52-57.
- DeAntonio SM, Katz SA, Scheiner DM, Wood JD (1982). Anatomically-related variations in trace-metal concentrations in hair. *Clinical Chemistry* 28(12): 2411-2413.

- Dörner K (1988). Trace element analysis of human hair. *In*: Grupe, G. and Herrman, B., Editors. Trace elements in the environmental history, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany, pp. 113–123.
- Dunicz-Sokolowska A, Radomska K, Dlugaszek M, Graczyk A (2006). Contents of bioelements and toxic metals in the Polish population determined by hair analysis Part 1. Children aged 1 to 10 years. *Magnesium Research* 19(1): 1-11.
- Frisch M, Schwartz BS (2002). The pitfalls of hair analysis for toxicants in clinical practice: Three case reports. *Environmental Health Perspectives* 110: 433-436.
- Gray R, Canfield P, Rogers T (2008). Trace element analysis in the serum and hair of Antarctic leopard seal, *Hydrurga leptonyx*, and Weddell seal, *Leptonychotes weddellii*. *Science of the Total Environment* 399: 202-215.
- Gryboś R, Zagrodzki P, Krosniak M, Lagan L, Szklarzewicz J, Golas J, Przybylski W (2005). Level and relationship of elements in scalp hair of males: Effect of air pollution and smoking habits. *Polish Journal of Environmental Studies* 14: 35-40.
- González-Muñoz MJ, Pena A, Meseguer I (2008). Monitoring heavy metal contents in food and hair in a sample of young Spanish subjects. *Food and Chemical Toxicology* 46: 3048-3052.
- Harkins DK, Susten AS (2003). Hair analysis: exploring the state of the science. *Environmental Health Perspectives* 111(4): 576- 578.
- Hilderbrand DC, White DH (1974). Trace-element analysis in hair: an evaluation. *Clinical Chemistry* 20(2): 148-151.
- IAEA – International Agency of Energy Atomic (1977). Activation Analysis of Hair as an Indicator of Contamination of Man by Environmental Trace Element Pollutants. A Cooperative Report on the Co-ordinated Research Programme: Nuclear-based Methods for Analysis of Pollutants in Human Hair. Report IAEA/RL/50 H, Vienna.
- Kargin F, Seyrek K, Bildik A, Aypak S (2004). Determination of the levels of zinc, copper, calcium, phosphorus and magnesium of Chios Ewes in the Aydin region. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 28: 609-612.
- Kazi TG, Afridi HI, Kazi N, Jamali MK, Arain MB, Sarfraz RA, Jalbani N, Ansari R, Shah AQ, Memon AUR, Khandhro GA (2008a). Distribution of zinc, copper and iron in biological samples of Pakistani myocardial infarction (1st, 2nd and 3rd heart attack) patients and controls. *Clinica Chimica Acta* 389: 114-119.
- Kazi TG, Memon AR, Afridi HI, Jamali MK, Arain MB, Jalbani N, Sarfraz RA (2008b). Determination of cadmium in whole blood and scalp hair samples of Pakistani male lung cancer patients by electrothermal atomic absorption spectrometer. *Science of the Total Environment* 389(2-3): 270-276.
- Kempson IM, Skinner WM, Kirkbride KP (2006). Advanced analysis of metal distributions in human hair. *Environmental Science & Technology* 40(10): 3423-3428.
- Khuder A, Bakir MA, Hasan R, Mohammad A (2008). Determination of nickel, copper, zinc and lead in human scalp hair in Syrian occupationally exposed workers by total reflection X-ray fluorescence. *Environmental Monitoring and Assessment* 143: 67-74.
- Kruse-Jarres JD (2000). Limited usefulness of essential trace element analyses in hair. *Clinical Note* 8-10.
- Man CK, Zheng YH, Mak PK (1996). Hair analysis of spastic children in Hong Kong. *Science of the Total Environment* 191(3): 291-295.
- Manson P, Zlotkin S (1985). Hair Analysis - a Critical-Review. *Canadian Medical Association Journal* 133(3): 186-188.
- McDonald G (1961). Arsenic in Napoleon's hair. *Nature* 4798: 103.
- Nowak B (1998). Contents and relationship of elements in human hair for a non-industrialised population in Poland. *Science of the Total Environment* 209: 59-68.
- Nowak B, Kozłowski H (1998). Heavy metals in human hair and teeth - The correlation with metal concentration in the environment. *Biological Trace Element Research* 62: 213-228.
- Nowak B, Chmielnicka J (2000). Relationship of lead and cadmium to essential elements in hair, teeth, and nails of environmentally exposed people. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 46: 265-274.
- Özden T A, Gokcay G, Ertem HV, Süoğlu ÖD, Kiliç A, Sökücü S, Saner G (2007). Elevated hair levels of cadmium and lead in school children exposed to smoking and in highways near schools. *Clinical Biochemistry* 40(1-2): 52-56.
- Pasha Q, Malik SA, Iqbal J, Shah MH (2007). Characterization and distribution of the selected metals in the scalp hair of cancer patients in comparison with normal donors. *Biological Trace Element Research* 118(3): 207-216.
- Pereira R, Ribeiro R, Gonçalves F (2004). Scalp hair analysis as a tool in assessing human exposure to heavy metals (S. Domingos mine, Portugal). *Science of the Total Environment* 327(1-3): 81-92.
- Pereira R, Sousa JP, Ribeiro R, Goncalves F (2006). Microbial indicators in mine soils (S. Domingos Mine, Portugal). *Soil & Sediment Contamination* 15(2): 147-167.
- Poon WT, Ling SC, Chan AYW, Mak TWL (2004). Use of hair analysis in the diagnosis of heavy metal poisoning: report of three cases. *Hong Kong Medical Journal* 10: 197-200.

- Reis MF, Segurado S, Brantes A, Simoes HT, Melim JM, Geraldes V, Miguel JP (2008). Ethics issues experienced in HBM within Portuguese health surveillance and research projects. *Environmental Health* 7(Suppl I): S5.
- Rodrigues JL, Batista BL, Nunes JA, Passos CJS, Barbosa Jr F (2008). Evaluation of the use of human hair for biomonitoring the deficiency of essential and exposure to toxic elements. *Science of the Total Environment* 405(1-3): 370-376.
- Rodushkin I, Axelsson MD (2000). Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. Part I. Analytical methodology. *Science of the Total Environment* 250: 83-100.
- Saber-Tehrani M e Tadayon F (2009). Endogenous and exogenous elemental speciation in human hair by various washing procedures and determination by flame and electrothermal atomic absorption spectrometry. *Asian Journal of Chemistry* 21(5): 3660-3670.
- Sachs H (1997). History of hair analysis. *Forensic Science International* 84(1-3): 7-16.
- Seidel S, Kreutzer R, Smith D, McNeel S, Gilliss D (2001). Assessment of commercial laboratories performing hair mineral analysis. *Jama-Journal of the American Medical Association* 285: 67-72.
- Sen J, Das Chaudhuri AB (2001). Brief communication: Choice of washing method of hair samples for trace element analysis in environmental studies. *American Journal of Physical Anthropology* 115(3): 289-291.
- Senofonte O, Violante N, Caroli S (2000). Assessment of reference values for elements in human hair of urban schoolboys. *Journal of trace elements in medicine and biology* 14: 6-13.
- Tagliaro F, Smith FP, De Battisti Z, Manetto G, Marigo M (1997). Hair analysis, a novel tool in forensic and biomedical sciences: Chromatographic and electrophoretic/electrokinetic analytical strategies. *Journal of Chromatography B* 689(1): 261-271.
- Teresa M, Vasconcelos SD, Tavares HMF (1997). Trace element concentrations in blood and hair of young apprentices of a technical-professional school. *Science of the Total Environment* 205: 189-199.
- Villian M, Cirimele V, Kintz P (2004). Hair analysis in toxicology. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* 42(11):1265-1272.
- Wennig R (2000). Potential problems with the interpretation of hair analysis results. *Forensic Science International* 107(1-3): 5-12.