



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Ana Filipa Teixeira Pinheiro

Relatórios de Estágio e Monografia intitulada “Contaminação de água de abastecimento público com arsénio: implicações para a saúde pública” referentes à Unidade Curricular “Estágio”, sob a orientação, da Dra. Ana Vinagre, da Dra. Ana Neves e do Professor Doutor Nuno Ricardo Esteves Ferreira apresentados à Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra, para apreciação na prestação de provas públicas de Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas.

Julho de 2019



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Ana Filipa Teixeira Pinheiro

Relatórios de Estágio e Monografia intitulada “Contaminação de água de abastecimento público com arsénio: implicações para a saúde pública” referente à Unidade Curricular “Estágio”, sob orientação, da Dra. Ana Vinagre, da Dra. Ana Neves e do Professor Doutor Nuno Ricardo Esteves Ferreira, e apresentados à Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra, para apreciação na prestação de provas públicas de Mestrado
Integrado em Ciências Farmacêuticas

Julho de 2019

Eu, Ana Filipa Teixeira Pinheiro, estudante do Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas, com o nº2014184446, declaro assumir toda a responsabilidade pelo conteúdo do Documento Relatórios de estágio e Monografia intitulada “Contaminação de água de abastecimento público com arsénio: implicações para a saúde pública” apresentado à Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra, no âmbito da unidade de Estágio Curricular.

Mais declaro que este é um trabalho original e que toda e qualquer afirmação ou expressão, por mim utilizada, está referenciada na Bibliografia, segundo os critérios bibliográficos legalmente estabelecidos, salvaguardando sempre os Direitos de Autor, à exceção das minhas opiniões pessoais.

Coimbra, 11 de julho de 2019.

Ana Filipa Teixeira Pinheiro

(Ana Filipa Teixeira Pinheiro)

Agradecimentos

À equipa do Hospital CUF Porto, por todos os conhecimentos transmitidos e por todo o carinho e compreensão com que me receberam. Agradeço, tanto aos farmacêuticos como aos auxiliares de ação médica, que foram incansáveis em fazerem-me sentir parte da equipa.

Agradeço também à equipa de profissionais da Farmácia Positiva todo o tempo despendido, por todos os conhecimentos e experiências transmitidas e por me colocarem completamente à vontade, integrando-me facilmente na equipa. Para além de orientadores, tornaram-se amigos que, com certeza, não irei esquecer.

Às minhas colegas de estágio e companheiras, pelo apoio e amizade, por caminharem comigo no mesmo sentido tornando o meu estágio mais recompensador.

Ao Professor Doutor Ricardo Ferreira, por toda a orientação, empenho e disponibilidade na elaboração da minha monografia.

Um agradecimento especial aos meus amigos que sempre me apoiaram e ajudaram nesta caminhada, por todo o incentivo e motivação, e apoio nos momentos mais difíceis. Sem eles, este caminho era muito mais difícil.

À minha companheira de caminhada, de estágio, de vida e, acima de tudo, amiga Eduarda, todo o apoio, amizade e paciência ao longo destes 5 anos, pela ajuda nos momentos difíceis e pela presença nos momentos de alegria, tornando mais fácil o percurso desta jornada.

Finalmente, agradeço às pessoas que me proporcionaram este sonho, aos meus pais, porque sem eles nada seria possível. Obrigada pelo carinho, compreensão, amor, e por todo o esforço que fizeram para que eu chegasse até aqui.

Índice

Parte A - Relatório de estágio em Farmácia Hospitalar

Abreviaturas e siglas	10
1. Introdução.....	11
2. Hospital CUF.....	12
3.Serviços farmacêuticos do hospital CUF Porto.....	12
3.1 Definição de serviços farmacêuticos.....	12
3.2 Descrição geral dos serviços farmacêuticos do hospital CUF Porto	12
4. Análise SWOT	14
4.1 Pontos Fortes	14
4.1.1 Equipa/métodos de trabalho.....	14
4.1.2 Papel do farmacêutico clínico.....	15
4.1.3 Reuniões clínicas	15
4.1.4 Atividades desenvolvidas	15
4.2 Pontos Fracos	22
4.2.1 Ambulatório	22
4.2.2 Ausência de técnicos de farmácia	22
4.2.3 Arquivo e organização de documentos da responsabilidade de outros serviços que não os SF	22
4.3 Oportunidades	23
4.3.1 Experiência	23
4.3.2 Contato com a farmácia hospitalar.....	23
4.3.3 Grupo privado José de Mello Saúde.....	23
4.4 Ameaças.....	24
4.4.1 Setor de difícil acesso	24
4.4.2 Roturas de stock	24
5. Considerações Finais	25
6. Referências Bibliográficas.....	26
Anexos.....	27
Parte B - Relatório de estágio em Farmácia Comunitária	
Abreviaturas e Siglas.....	34
1. Introdução.....	35
2. A Farmácia Positiva	36
3. Análise SWOT	36
3.1 Pontos fortes	36
3.1.1 Equipa Técnica.....	36
3.1.2 Localização	37

3.1.3 Horário rotativo.....	37
3.1.4 Preparação de medicamentos manipulados.....	37
3.1.5 Técnicas de venda.....	38
3.1.6 Atividades desenvolvidas.....	38
3.2 Pontos fracos.....	43
3.2.1 Marcas comerciais pouco abordadas no MICF.....	43
3.2.2 Excesso de estagiários.....	43
3.2.3 Barreiras em determinadas áreas.....	43
3.3 Oportunidades.....	44
3.3.1 Ações de sensibilização realizadas nas escolas e associações.....	44
3.3.2 Sifarma 2000®.....	44
3.3.3 Contacto com o mercado de trabalho.....	45
3.4 Ameaças.....	46
3.4.1 Concorrência das outras farmácias e de postos de venda de MNSRM.....	46
3.4.2 Gerência recente.....	46
3.4.3 Escassez de medicamentos.....	46
4. Considerações Finais.....	48
5. Referências Bibliográficas.....	49
Anexos.....	51

Parte C - Contaminação de água de abastecimento público com arsénio:

implicações para a saúde pública

Abreviaturas e Siglas.....	55
Resumo.....	56
Abstract:.....	57
1. Introdução.....	58
1.1 Arsénio, o elemento:.....	58
1.2 Principais usos.....	58
1.3 Contaminação das águas com arsénio.....	59
1.3.1 No mundo.....	60
1.3.2 Em Portugal.....	62
2. Água e sistemas de abastecimento público.....	66
3. Tecnologias de remoção de arsénio.....	68
3.1 Oxidação química.....	70
3.2 Oxidação microbiológica.....	70
3.3 Coagulação-floculação.....	71
3.4 Amaciamento com cal.....	73
3.5 Adsorção.....	73
3.6 Biossorção.....	74

3.7 Troca iónica	75
3.8 Retenção por membranas.....	76
3.9 Eletrocoagulação	77
4. Exposição ao arsénio: implicações na saúde humana	78
4.1 Sinais e sintomas.....	79
4.2 Efeitos do arsénio nos vários sistemas de órgãos e o seu potencial mecanismo de toxicidade.....	80
4.2.1 Manifestações cutâneas.....	80
4.2.2 Efeitos no sistema respiratório.....	81
4.2.3 Efeitos no sistema nervoso.....	81
4.2.4 Efeitos no sistema cardiovascular.....	83
4.2.5 Efeitos no sistema hematopoiético	84
4.2.6 Efeitos no sistema imunitário	84
4.2.7 Efeitos no sistema endócrino.....	85
4.2.8 Efeitos no sistema hepático	86
4.2.9 Efeitos no sistema renal.....	87
4.2.10 Efeitos no sistema reprodutor.....	88
4.3 Desenvolvimento de cancro devido à exposição ao arsénio.....	88
4.3.1 Pele.....	89
4.3.2 Pulmões.....	89
4.3.3 Fígado.....	90
4.3.4 Bexiga e rim.....	90
4.3.5 Cancro da próstata.....	90
4.4 Possíveis tratamentos	90
5. Conclusão.....	93
6. Referencias Bibliográficas:.....	94
Anexo	99

Índice de Figuras

Figura 1 - Países afetados e a respetiva concentração máxima de arsénio.....	61
Figura 2 - Esquema de uma Estação de Tratamento de Água (ETA)	67
Figura 3 - Processos do sistema de abastecimento de água.....	67
Figura 4 - Princípio básico do processo SORAS: foto-oxidação do AS (III) e precipitação do As (V).....	70
Figura 5 - Enzima responsável pela oxidação do arsenito, As (III), a arsenato, As (V)	71
Figura 6 - Este método baseia-se na (1) adição de cal (hidróxido de cálcio); (2) hidrólise; (3) combina-se com ácido carbónico e bicarbonatos; (4) aparecimento de carbonato de cálcio; (5) Este composto age como um agente de sorção na remoção de arsénio.....	73
Figura 7 - Diagrama esquemático de um processo de biossorção.	74
Figura 8 - Troca iónica promovida por resinas	75
Figura 9 - Tipos de filtração por membranas.....	76
Figura 10 - Mecanismo de remoção por eletrocoagulação	77
Figura 11 - Alguns dos mecanismos moleculares de doenças induzidas por arsénio	79
Figura 12 - Mecanismos moleculares neurotoxicidade induzidos por arsénio	82
Figura 13 - Mecanismos de complicações cardiovasculares induzidos por arsénio.....	83
Figura 14 - Mecanismos de hemólise induzidos por arsénio	84
Figura 15 - Mecanismos envolvidos na imunossupressão induzida por arsénio.	85
Figura 16 - Mecanismos-chave do desenvolvimento de diabetes devido à exposição ao arsénio.....	86
Figura 17 - Mecanismos de toxicidade hepática induzida pela exposição ao arsénio.....	87
Figura 18 - Mecanismos da toxicidade renal induzida pela exposição ao arsénio.....	87
Figura 19 - Mecanismos envolvidos no desenvolvimento do cancro através da exposição ao arsénio.....	89

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Análise SWOT relativa ao estágio em Farmácia Hospitalar	14
Tabela 2 - Análise SWOT relativa ao estágio em Farmácia Comunitária	36
Tabela 3 - Ocorrência de arsênio em Portugal.....	65
Tabela 4 - Métodos de tratamento de arsênio.....	69
Tabela 5 - Tipos de adsorventes relevantes para a adsorção de arsênio.....	74
Tabela 6 -Principais sinais e sintomas em 167 pacientes com arsenicose em West Bengal, Índia.....	80
Tabela 7 - Regimes posológicos de agentes quelantes	92
Tabela 8 - Toxicidade por arsênio- Evidências clínicas, testes de diagnóstico e terapias.....	92

Parte A - Relatório de estágio em Farmácia Hospitalar

Abreviaturas e Siglas

BCC - Bloco Cirúrgico Central

BCCA - BC *Cancer Agency*

BP - Bloco de Partos

CFT - Comissão de Farmácia e Terapêutica

DCI - Denominação Comum Internacional

DIDDU - Dispensa Individual Diária em Dose Unitária

MICF - Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas

NCCN - *National Comprehensive Cancer Network*

SF - Serviços Farmacêuticos

SWOT - *Strenghts, Weaknesses, Opportunities and Threats*

UCIN - Unidade de Cuidados Intensivos Neonatais

UCIP - Unidade de Cuidados Intensivos Polivalentes

UPC - Unidade de Preparação Citotóxicos

UPMNE - Unidade de Preparação de Medicamentos Não Estéreis

I. Introdução

Escolhi realizar este estágio, porque a Farmácia Hospitalar sempre foi uma área que me despertou grande interesse e, como o contacto com esta vertente foi escasso ao longo dos 5 anos de curso, existindo apenas uma unidade curricular de “farmácia hospitalar”, entendi ser uma oportunidade para adquirir conhecimentos, bem como consolidar os que já possuía relativamente a este ramo.

Este relatório descreve o percurso de dois meses de estágio no Hospital CUF Porto. É o maior hospital privado do Norte, dispõe de uma vasta oferta de cuidados de saúde, em 35 especialidades, e insere-se no grupo José de Mello Saúde

Ao longo do estágio, que decorreu entre o dia 1 de outubro de 2018 e o dia 27 de novembro de 2018, realizei diversas atividades na área da farmácia hospitalar. Neste relatório irei descrever todas as tarefas desenvolvidas, abordando os pontos fortes e os pontos fracos que considerei pertinentes.

2. Hospital CUF

O hospital CUF Porto é parte integrante de uma rede de unidades hospitalares e unidades de ambulatório privadas, distribuídas por vários pontos do país. O HCP, inaugurado em junho de 2010, é o maior hospital privado do Norte do país, e a primeira unidade privada da José de Mello Saúde (JMS), a receber a exigente acreditação pela *Joint Commission Internacional (JCI)*, a qual avalia parâmetros relacionados com a qualidade e a segurança dos cuidados prestados ao doente.

O HCP dispõe de uma ampla oferta de cuidados de saúde para toda a família, em 35 especialidades que, em conjunto com o Instituto CUF Porto, oferece um leque completo de serviços: diagnóstico, tratamento, cuidados paliativos e abordagem multidisciplinar.

O hospital tem: 148 camas para internamento, 90 gabinetes de consulta, 8 salas de cirurgia, 3 salas de parto, Maternidade, Unidade de Cuidados Intensivos Neonatais (UCIN) e Unidade de Cuidados Intensivos (UCI).¹

3. Serviços farmacêuticos do hospital CUF Porto

3.1 Definição de serviços farmacêuticos

Segundo o Decreto-Lei nº44.204, de 22 de fevereiro de 1962, entende-se por Farmácia Hospitalar “o conjunto de atividades farmacêuticas exercidas em organismos hospitalares ou serviços a eles ligados para colaborar nas funções de assistência que pertencem a esses organismos e serviços e promover a ação de investigação científica e de ensino que lhes couber.”²

3.2 Descrição geral dos serviços farmacêuticos do hospital CUF Porto

Os serviços farmacêuticos localizam-se no piso -I do edifício central. O horário de funcionamento é de segunda a sábado, das 08:00h às 20:00h, estando encerrado ao domingo. No entanto, está disponível um telefone de serviço da responsabilidade de um farmacêutico no horário de encerramento da farmácia. A medicação é assegurada pelos SF em qualquer altura do dia, quer durante o horário de funcionamento, quer fora desse horário - neste caso assegurado pelos enfermeiros de serviço. Estes enfermeiros têm acesso à farmácia, sendo registadas todas as entradas/saídas de medicamentos em folha própria, devidamente rubricada.

Os serviços estão assegurados por 6 farmacêuticos e 5 auxiliares de ação médica. Os serviços farmacêuticos (SF) são responsáveis pelo circuito do medicamento, têm um papel

ativo na segurança e no uso racional do medicamento no hospital e, também no Instituto CUF Porto, no qual apenas existe um local de armazenamento de medicamentos.³

Os Cuidados Farmacêuticos visam melhorar o processo de uso dos medicamentos e evitar os resultados negativos associados aos mesmos (reações adversas, doses subterapêuticas, toxicidade, interações, entre outros). Para além disso, englobam todas as atividades de farmácia clínica, realizadas pelo farmacêutico hospitalar e direcionadas para o doente. O farmacêutico faz um acompanhamento da terapêutica do utente, interligando-a com a sintomatologia referida. Sempre que se justifique, intervém com a finalidade da melhoria da qualidade de vida do doente. Estas atuações do farmacêutico clínico são realizadas em colaboração com outros profissionais de saúde, maioritariamente médicos e enfermeiros.^[3]

Esta prática consiste, então, no ajuste de doses, na avaliação da adequação do medicamento ao doente, em acertos na posologia de acordo com as características do medicamento e do doente, na utilização do medicamento nas indicações legalmente aprovadas, na deteção de problemas relacionados com o medicamento, na prevenção e resolução dos resultados negativos associados à medicação (RAM) - com o objetivo de alcançar resultados concretos que melhorem a qualidade de vida do cliente.

4. Análise SWOT

Uma análise SWOT é uma ferramenta que permite avaliar estrategicamente pontos fortes e pontos fracos, oportunidades e ameaças específicas em relação à minha experiência de estágio curricular, no hospital CUF Porto.

Tabela I - Análise SWOT relativa ao estágio em Farmácia Hospitalar

Pontos Fortes	Pontos Fracos	Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none">• Equipa/métodos de trabalho• Papel do farmacêutico clínico• Reuniões clínicas• Atividades desenvolvidas	<ul style="list-style-type: none">• Ambulatório• Ausência de técnicos de farmácia• Arquivo e organização de documentos da responsabilidade de outros serviços que não os SF	<ul style="list-style-type: none">• Experiência• Contato com a farmácia hospitalar• Grupo privado José de Mello Saúde	<ul style="list-style-type: none">• Setor de difícil acesso• Dificuldade de progressão na carreira

4.1 Pontos Fortes

4.1.1 Equipa/métodos de trabalho

Durante o estágio no HCP tive oportunidade de me relacionar com uma equipa de farmacêuticos, excelentes profissionais de saúde, sempre prontos a ajudar e a esclarecer qualquer dúvida. Envolveram-me no serviço, de forma a que criasse métodos de trabalho que úteis para o meu futuro profissional e para melhor entender o funcionamento dos serviços farmacêuticos do HCP. Os auxiliares de ação médica, da mesma forma, sempre se disponibilizaram para ajudar, fazendo que a minha integração na equipa fosse facilitada. Apercebi-me que os profissionais do HCP trabalham em conjunto, todos os dias, com o objetivo de servir as necessidades dos seus doentes.

4.1.2 Papel do farmacêutico clínico

Na reta final do meu estágio, o HCP estava na fase inicial da implementação da intervenção do farmacêutico clínico, ou seja, o farmacêutico, aquando da hora da validação das prescrições médicas, subia ao piso respetivo e fazia a validação das prescrições - sempre que possível, acompanhado do médico, do enfermeiro e do auxiliar de cada doente, envolvendo também os familiares e o próprio doente. Desta forma, proporcionava a realização de uma reconciliação medicamentosa por parte do farmacêutico, permitindo identificar discordâncias entre a medicação de ambulatório e a medicação de internamento, evitando alguns efeitos adversos que pudessem ocorrer. Caso necessário, o farmacêutico sugeria as devidas alterações da medicação, comunicando-as ao médico responsável, o que proporcionava um papel ativo do farmacêutico, evitando erros de medicação e proporcionando uma melhor adesão à terapêutica.

4.1.3 Reuniões clínicas

Durante todo o meu estágio no HCP tive oportunidade de acompanhar um farmacêutico às reuniões clínicas que, a meu ver, é uma mais valia para a saúde e bem-estar de cada doente daquele hospital. Todas as manhãs e tardes, subíamos aos pisos respetivos para as reuniões diárias. Nessas reuniões discutia-se tanto o estado de saúde de cada doente em particular, e a necessidade de qualquer alteração à medicação instituída, bem como todos os procedimentos a que o doente pudesse estar sujeito nos dias seguintes. Nessas reuniões estavam presentes, um médico, um enfermeiro responsável de cada serviço, um farmacêutico e uma nutricionista. Deste modo, o farmacêutico estava a par das alterações diárias do estado de saúde dos doentes.

4.1.4 Atividades desenvolvidas

4.1.4.1 Gestão e armazenamento

A seleção de medicamentos nas unidades CUF é feita por um grupo de farmacêuticos com conhecimentos técnico-científicos do medicamento e pela comissão de Farmácia e Terapêutica (CFT), composta por médicos e farmacêuticos, uma vez que esta seleção é um fator imprescindível num ambiente hospitalar. A seleção adequada e racional de medicamentos só é conseguida com a implementação de protocolos e regras efetivamente cumpridas.

A gestão de medicamentos/*stocks* permite um conhecimento do movimento contínuo dos medicamentos, garante a existência incessante dos produtos, e a sua conservação

adequada, permitindo que desta forma se evite a rutura de *stock*, de forma a que o medicamento prescrito chegue ao doente na hora certa e na quantidade certa. A compra, receção e armazenamento de medicamentos, dispositivos médicos e outros produtos farmacêuticos é realizada nesta zona.

A organização é realizada de forma contínua, para permitir que os produtos cheguem à farmácia e sejam aprovisionados de forma correta. Esta zona divide-se numa área de receção - na qual um farmacêutico valida a guia de remessa/fatura, comparando as quantidades com as da nota da encomenda e confirmando validades, números de lote e condições de embalagem - e numa área de armazenamento, constituída por um armazém de grandes volumes, frigoríficos e armário dos inflamáveis. Os serviços possuem também uma sala, com acesso restrito, onde são armazenados os estupefacientes e psicotrópicos, adequadamente fechados (cofre).

Os produtos são armazenados por ordem alfabética estando identificados pela Denominação Comum Internacional (DCI), e devidamente etiquetados.

Para garantir a segurança dos medicamentos e produtos farmacêuticos, é seguida uma política de armazenamento que permite uma rotação de *stocks*, adequada às necessidades do hospital; e é seguido um procedimento que faz parte de um projeto desenvolvido através do sistema Kaizen, o qual tem por base a melhoria contínua, padronizando processos e evitando desperdícios.⁴ Cada medicamento, dispositivo médico, ou qualquer outro produto, tem associado um *kanban*, um cartão de cor, com indicação da DCI e do *stock* mínimo do produto e da quantidade a encomendar, colocado em local estratégico. Quando o *stock* mínimo é atingido, o *kanban* é colocado no local apropriado para que o produto seja encomendado novamente, pelo auxiliar responsável.

4.1.4.2 Distribuição de medicamentos

A distribuição de medicamentos é a atividade dos Serviços Farmacêuticos com maior visibilidade para os serviços clínicos. Esta distribuição refere-se tanto a doses individuais unitárias, como à reposição de *stocks* e ao controlo de medicamentos sujeitos a legislação restritiva.

Na zona de distribuição (Anexo I) é feita a validação das prescrições médicas eletrónicas - sempre feita por um farmacêutico - das doses prescritas, posologias, vias de administração, interações medicamentosas e das reações alérgicas ao medicamento (todas as reações alérgicas do doente são consultadas numa base de dados, devidamente preenchida pelos enfermeiros responsáveis). Nesta zona, também é preparada a medicação para a respetiva

distribuição, pelos auxiliares de ação médica. Antes de qualquer distribuição, o farmacêutico valida a preparação da medicação, ou seja, confirma se o medicamento dispensado, a dose e a quantidade, correspondem ao medicamento prescrito, tendo em conta o nome do doente.

Os serviços clínicos do hospital são constituídos por: pisos de internamento de adultos e pediatria; Unidade de Cuidados Intensivos Polivalente (UCIP); Unidade de Cuidados Intensivos Neonatais (UCIN); Bloco Cirúrgico Central (BCC); Bloco de Partos (BP); gabinete para os exames especiais; gabinetes de consultas externas; salas de meio de diagnóstico - estas inseridas nos serviços de ambulatório. Cada serviço possui um conjunto de medicamentos, com *stocks* predefinidos por farmacêuticos médicos e auxiliares, para satisfazer necessidades diárias. É da responsabilidade de cada auxiliar de ação médica, a reposição de *stocks* fixos dos diversos serviços clínicos, estando afixado numa zona definida a planificação semanal (dia e hora a que os diferentes serviços são repostos) desta reposição.

Dispensa Individual Diária em Dose Unitária (DIDDU)

Este sistema de distribuição é coordenado pelos serviços farmacêuticos. O processo inicia com a interpretação e validação da prescrição médica e a elaboração do perfil farmacoterapêutico do doente. São impressos os mapas com a medicação das respetivas camas/serviço. Posteriormente, a medicação é distribuída pelas gavetas individuais do carro de distribuição e encaminhada ao respetivo serviço clínico do hospital, pelos auxiliares. Todas as gavetas estão devidamente identificadas com o nome de cada doente, número da cama, e o serviço de destino.

A distribuição diária é feita por volta das 15h de cada dia com a medicação para as 24h seguintes. As alterações às prescrições feitas nesse período são sempre validadas pelo farmacêutico por volta das 09h e das 19h, e distribuídas pelos respetivos serviços. A medicação que não é administrada nas 24h anteriores, regressa à farmácia.

Aos sábados é preparada a medicação individualizada dos doentes internados para o dia seguinte, uma vez que os serviços farmacêuticos se encontram encerrados ao domingo.

Dispensa de medicamentos em ambulatório

Apenas aos doentes das consultas externas, das urgências, ou com alta após internamento, é cedida medicação no ambulatório do hospital. Os doentes trazem uma prescrição médica. A medicação que aí consta é preparada e dividida no momento, e são dadas todas as indicações necessárias ao doente, acerca da utilização correta e segura dos medicamentos.

4.1.4.3 Medicamentos Sujeitos a Legislação Especial

Estupefacientes e psicotrópicos – Os estupefacientes e psicotrópicos são distribuídos por um circuito especial, por imposição legal, para que, desta forma, se evite o desvio destes medicamentos para fins não medicinais.

O circuito destes medicamentos no hospital é estritamente controlado, desde a sua aquisição, até chegar ao doente. Na farmácia do HCP, os estupefacientes e psicotrópicos estão armazenados num cofre dentro de uma sala, restrita apenas a farmacêuticos. Estes estão organizados por ordem alfabética de DCI, e forma farmacêutica, e a gestão de *stocks* é feita pelo sistema *Kaizen*, de uma forma mais controlada, comparativamente aos medicamentos não incluídos neste grupo, procedendo-se, ao longo do ano, a inúmeras contagens de *stock* e registo do mesmo. Uma das atividades que realizei, durante o meu estágio, foi a contagem deste *stock*.

A distribuição destes medicamentos é realizada através da reposição de *stock* dos serviços ou cedência direta para um determinado doente, durante um determinado período, caso haja essa necessidade. Aquando da reposição dos serviços, cada medicamento é acompanhado pela respetiva requisição, devidamente preenchida, da competência dos SF (nome do serviço direcionado, numeração do impresso, identificação do medicamento com DCI, forma farmacêutica, dosagem), sendo constituída por um original e por um duplicado. Sempre que há entradas e saídas de estupefacientes e psicotrópicos, esses movimentos são registados no livro de registo de entradas e saídas, e devidamente rubricados por um farmacêutico. À medida que é administrado cada unidade, o enfermeiro regista, na respetiva requisição, o nome do doente que recebeu o medicamento e a dosagem/nº de unidades. Quando o *stock* termina nos serviços, a requisição original volta para os serviços farmacêuticos, onde é devidamente arquivada, e o duplicado fica guardado no respetivo serviço. Fazem-se novas requisições e a medicação, acondicionada num saco e acompanhada da respetiva requisição, é novamente reposta nos serviços. Todos os procedimentos descritos são realizados e validados por um farmacêutico.

A distribuição destes medicamentos é feita por um auxiliar de ação médica, dentro de um recipiente adequado, e é sempre acompanhada por uma “guia de transporte”, assinada e datada pelo enfermeiro que a recebe. Todas as quebras são devidamente justificadas aos SF.

O modelo do livro de registos e de requisições é um exclusivo da Imprensa Nacional – Casa da Moeda.⁵

Neste setor, preenchi novas requisições para a reposição diária dos serviços, registei as entradas e saídas no respetivo livro e arqueei requisições validadas. Fiz, também, várias contagens de *stock* e a separação de medicação para distribuição.

Hemoderivados – Este tipo de medicamentos padece, igualmente, de um controlo rigoroso, estando sujeito a uma legislação especial, uma vez que são medicamentos preparados à base de componentes do sangue. Têm um circuito especial de distribuição (Anexo 2 e 3), à semelhança dos estupefacientes e psicotrópicos, sendo, sempre, acompanhados de uma requisição própria⁶ (via de farmácia e via de serviço), em que consta o serviço para onde é direcionado, o nome do doente (consoante o caso), o nome do hemoderivado, a dosagem, a quantidade dispensada, o lote, o fornecedor, e o n.º COELL/CAUL (Certificado Oficial Europeu de Libertação de Lote/ Certificado de Autorização de Utilização de Lote), para que desta forma seja facilmente rastreável. As entradas e saídas de hemoderivados são registadas num dossiê reservado para o efeito.

4.1.4.4 Farmacotecnia

A preparação e formulação de medicamentos que não se encontram disponíveis no mercado são da responsabilidade dos SF. Estes medicamentos são preparados para personalizar a terapêutica, através da adaptação do medicamento ao perfil fisiopatológico do doente.

As preparações que se fazem destinam-se essencialmente a doentes individuais e específicos como, por exemplo, a pediatria.

Este setor inclui a Unidade de Preparação de Citotóxicos (UPC), Unidade de Preparação de Medicamentos Não Estéreis (UPMNE) e a reembalagem de Medicamentos (RM). São também preparadas as Misturas Intravenosas (MI) na câmara de fluxo laminar - por exemplo, as preparações de misturas intravenosas para nutrição parentérica.

Unidade de Preparação de Citotóxicos

Nesta unidade são preparados todos os medicamentos antineoplásicos usados para o tratamento dos doentes internados no Hospital de Dia (Anexo 4). Os procedimentos realizados neste setor seguem as diretrizes inscritas no “Manual de Procedimentos de Preparação de Antineoplásicos José de Mello Saúde”, que converge com o “manual de preparação de citotóxicos da ordem dos farmacêuticos”⁶.

Após o médico decidir o tratamento/protocolo a realizar para cada doente, o farmacêutico valida a prescrição que chega aos SF. A validação é rigorosa e todos os parâmetros são confirmados, incluindo nome do doente, altura, peso, superfície corporal, diagnóstico, de acordo com o protocolo de quimioterapia, data do último tratamento e registo do próximo, número do ciclo de quimioterapia, dose(s) de fármaco(s) a administrar, via de administração e pré-medicações prescritas (hidratação com cloreto sódio a 0,9%; antieméticos; anti-histamínicos e corticosteroides). O HCP possui um sistema de registo dos tratamentos dos doentes bastante eficaz, o qual permite a qualquer farmacêutico o acesso a esses registos para que possa fazer uma validação fidedigna, com informação atualizada ao momento. Nesses registos é apresentada informação útil, desde relatórios médicos, a relatórios da equipa de enfermagem (estado do doente no momento da administração da medicação) e avaliações feitas pelos farmacêuticos, compilando também análises clínicas feitas ao doente, imediatamente antes de iniciar os tratamentos. As prescrições obedecem a *guidelines* internacionais das quais se destacam: *National Comprehensive Cancer Network (NCCN)* e a *BC Cancer Agency (BCCA)*. Após a confirmação de toda a informação, procede-se à impressão dos mapas de produção e dos rótulos, em triplicado, que serão colados em cada preparação. Todos os lotes e validades do fármaco a ser preparado, bem como os do meio de diluição, são registados. São preparados os tabuleiros com o material necessário para a preparação de cada fármaco (fármacos e meios de diluição, entre outros) e o farmacêutico que prepara a medicação (manipulador) faz uma dupla verificação antes de entrar no isolador. Os citotóxicos, no HCP, são preparados no isolador, câmaras de classe III, que fornecem o nível de segurança mais elevado, tanto para o manipulador como para o ambiente e ainda para o produto, de forma a protegê-lo da contaminação microbiológica. São camaras seladas hermeticamente, que possuem umas mangas com luvas de nitrilo acopladas, trocadas todos os dias, através das quais o manipulador trabalha. O farmacêutico que faz a manipulação segue uma ordem de procedimentos de proteção pessoal e higienização que consta num manual interno, “Manual Procedimentos Isolador 2018”, o qual acompanha o “Manual de preparação de citotóxicos”,⁷ da ordem dos farmacêuticos. Todos os dias é feito o controlo microbiológico dos espaços, através da colocação de placas com meios de Sabouraud e de gelose de sangue. A seguir à preparação, é feita uma dupla verificação, pelo farmacêutico responsável pela libertação do lote. Finalmente, é feito o acondicionamento das preparações (os fotossensíveis são envolvidos em prata e os que são de frio possuem uma etiqueta com essa indicação), estando rotuladas com uma etiqueta de “citotóxico” - os fármacos preparados são colocados

num saco de transporte de citotóxicos e levados, para serem administrados na hora, ao Hospital de Dia.

Nesta área tive oportunidade de contactar com todos os procedimentos, desde a validação, preparação dos tabuleiros com o material necessário para a posterior manipulação dos fármacos, até ao momento da libertação de lote. Este processo conta com o acompanhamento de um farmacêutico. Foi-me transmitida a informação necessária, relativa à preparação de citotóxicos e antineoplásicos, e facultada alguma bibliografia usada para a construção/validação de Protocolos de Quimioterapia em vigor no HCP. Tive, ainda, oportunidade de observar a preparação dos citotóxicos, aquando a minha entrada no isolador.

Preparação de Medicamentos Não Estéreis e Reembalagem

Neste setor, são preparadas as formulações necessárias para um doente específico e individualizado, que a indústria farmacêutica não é capaz de fornecer. Exemplo da utilização destas preparações é o serviço de pediatria, uma vez que são necessárias doses personalizadas e formas farmacêuticas adequadas para cada doente. São também preparadas, nesta zona, soluções assépticas e diluições desinfetantes, as quais tive oportunidade de preparar durante o meu estágio (Anexo 5).

Relativamente à reembalagem, existem duas situações a ter em conta: nos medicamentos dispensados em dose unitária, toda a informação, como DCI, dosagem, data de validade e lote, tem de ser perceptível. Nos casos em que isso não se verifica, tem de se proceder à reembalagem dos medicamentos num equipamento automático (Anexo 6); no segundo caso, é necessário proceder-se ao fracionamento dos comprimidos, quando não existe comercializado na indústria farmacêutica algumas das doses prescritas e, posteriormente, à sua reembalagem. Esta técnica é realizada por um auxiliar de ação médica e sempre validada por um farmacêutico.

Nesta unidade preparei, para além de álcool a 50° e 70°, suspensões orais de Bochechos de Nistatina Compostos, direcionados essencialmente para o Hospital de Dia, assim como papéis medicamentosos de vários fármacos.

O estagiário pode realizar todo o processo, de acordo com as fichas de preparação elaboradas pelos SF (Anexo 7). Todas as etapas são validadas e controladas por um farmacêutico. Todos os procedimentos, neste setor, são realizados de acordo com as boas práticas de manipulação⁸.

4.2 Pontos Fracos

4.2.1 Ambulatório

O regime de ambulatório baseia-se na cedência de medicamentos ao doente permitindo-lhe iniciar ou continuar o seu tratamento, fora do hospital tendo, mesmo assim, acompanhamento de um profissional de saúde. Este regime abrange essencialmente doentes com VIH/SIDA, esclerose múltipla, artrite reumatoide e doenças raras. A frequente interação entre estes doentes e o farmacêutico permite incentivar a adesão à terapêutica.

No HCP, a cedência de medicamentos em ambulatório é escassa, uma vez que são dispensados medicamentos, essencialmente, a doentes de acidentes de trabalho, das urgências ou oriundos das consultas externas. Em contraste com os hospitais públicos, no HCP a cedência de medicamentos para doenças raras não acontece.

4.2.2 Ausência de técnicos de farmácia

O Técnico de Farmácia hospitalar intervém ao nível da produção e distribuição de medicamentos e outros produtos de saúde. Assim tem como funções principais a manipulação de formulações galénicas, reembalagem de medicamentos e preparação para a distribuição da dose unitária, entre outros.

A falta de técnicos de farmácia é uma realidade no HCP, e o trabalho da sua competência é realizado por auxiliares de ação médica. Ainda que todas as tarefas realizadas por estes sejam supervisionadas e validadas por um farmacêutico, esta competência não lhes deveria ser exigida.

4.2.3 Arquivo e organização de documentos da responsabilidade de outros serviços que não os SF

Os SF do HCP têm a responsabilidade de arquivar determinados documentos que são da competência dos enfermeiros de cada serviço clínico. Deste modo, é despendido demasiado tempo, por parte dos farmacêuticos, para a realização destas tarefas.

Assim, os serviços clínicos deviam reorganizar os seus encargos para que, desta forma, possam incluir no seu plano de trabalho esta tarefa, libertando tempo aos farmacêuticos do hospital.

4.3 Oportunidades

4.3.1 Experiência

O facto de estar envolvida em todos os sectores dos serviços farmacêuticos, durante o estágio, permitiu-me adquirir métodos de trabalho e conhecimentos, presentes na realidade hospitalar, e me eram desconhecidos.

As variadas tarefas que me foram atribuídas, de entre as quais destaco - participação na preparação da medicação para a DIDDU; preparação de medicamentos não estéreis; envolvimento de preparação de citotóxicos; contagem de *stocks* na farmácia do hospital e nos carros de emergência dos serviços clínicos; rotulagem de medicamentos; observação da validação das prescrições médicas; preparação de requisições de estupefacientes/psicotrópicos e hemoderivados para a reposição nos serviços - serviram para que ganhasse alguma experiência e adquirisse novos conhecimentos nesta área.

4.3.2 Contato com a farmácia hospitalar

A realidade da farmácia hospitalar difere de outras áreas farmacêuticas, em variados aspetos. Nesta existe uma interface com o público, em ambiente restrito, mais circunscrito, e sem a vertente comercial que envolve a farmácia de oficina.

Este estágio proporcionou-me um contacto mais profundo com esta área farmacêutica, dando a conhecer todo o circuito do medicamento dentro do hospital e consolidando as noções já obtidas nas aulas da unidade curricular de Farmácia Hospitalar.

4.3.3 Grupo privado José de Mello Saúde

A oportunidade de fazer o estágio no HCP, que faz parte do grupo privado de José de Mello Saúde, foi uma mais valia, devido ao facto de ser uma instituição que colabora com universidades, a nível de ensino, formação e investigação, com o objetivo da permanente atualização e inovação dos profissionais e da comunidade científica. Sendo um hospital privado, a minha passagem pelo HCP permitiu-me perceber que a dinâmica do serviço diverge da que se vive nos hospitais públicos.

4.4 Ameaças

4.4.1 Setor de difícil acesso

Nos dias de hoje, a procura de emprego é sempre maior que a oferta, e este ramo não foge à regra. Devido ao controlo apertado dos recursos financeiros, a contratação de farmacêuticos é diminuída. Tendo os profissionais desta área, o papel fundamental da gestão dos medicamentos e do processo de tratamento do doente, este papel acaba por ficar comprometido.

4.4.2 Roturas de stock

A escassez de medicamentos é uma realidade que, infelizmente, se verifica há alguns anos em Portugal e que continua a ter grande impacto. Foram várias as situações em que se verificou uma rotura de *stock* de determinado medicamento no hospital, levando à necessidade de pedir “emprestado” esse mesmo medicamento a outra instituição, pública ou privada, que ainda o tivesse em *stock*.

Em situações em que não era possível resolver a situação, a terapêutica dos doentes ficava comprometida, não permitindo aos SF desempenhar as suas funções com qualidade e segurança.

5. Considerações Finais

No final deste estágio, compreendi a importância do papel farmacêutico no meio hospitalar - elemento indispensável nas equipas de saúde, reduzindo erros de medicação, erros de prescrição e melhorando a adesão à terapêutica.

Este estágio permitiu-me um contacto direto com doentes e profissionais de saúde, cedendo-me conhecimento e experiência de uma realidade que desconhecia. O setor que mais me cativou foi a Oncologia, uma vez que o farmacêutico assume um papel ativo, desde a validação das prescrições médicas, até ao momento da administração do fármaco, acompanhando o doente ao longo do tratamento.

Em suma, esta experiência tornou-se bastante enriquecedora, tanto a nível pessoal, interagindo com uma equipa dinâmica e sempre pronta a ajudar, como a nível profissional, preparando-me para a entrada no mercado de trabalho.

6. Referências Bibliográficas

1. HOSPITAL CUF - **O Hospital CUF Porto**. [Consultado em 15 de março de 2019]. Disponível na Internet: <https://www.saudeCUF.pt/unidades/porto-hospital/o-hospital/apresentacao>
2. INFARMED - GABINETE JURIDICO E CONTENCIOSO-**Decreto-Lei nº44.204, de 2 de fevereiro de 1962**. (1962) [Consultado 20 março 2019]. Disponível em: http://www.infarmed.pt/documents/15786/1068150/decreto_lei_44204-1962.pdf
3. HOSPITAL CUF - **Serviços Farmacêuticos**. [Consultado em 20 mar. 2019]. Disponível em: <https://www.saudeCUF.pt/unidades/porto-hospital>.
4. KAIZEN INSTITUTE - **O que é Kaizen?** [Consultado em 20 de março de 2019]. Disponível em: <https://pt.kaizen.com/quem-somos/significado-de-kaizen.html>
5. INFARMED - GABINETE JÚRIDICO E CONTENCIOSO- **Portaria nº981/98, de 8 de junho** (1998). [Consultado em 30 de março de 2019]. Disponível em: <http://www.infarmed.pt/documents/15786/1070504/Portaria+n.%C2%BA+981-98%2C+de+8+de+Junho+98730b43-704e-49f1-a2ed-338962a58357>
6. INFARMED - GABINETE JÚRIDICO E CONTENCIOSO- **Despacho conjunto nº 1051/2000, de 14 de setembro** (2000). [Consultado em 1 de abril de 2019]. Disponível em: http://www.infarmed.pt/documents/15786/1068535/despacho_1051-2000.pdf
7. FREITAS, Margarida *et al.* - **Manual de Procedimentos para Preparação de Citotóxicos**. (2012) 5–8.
8. INFARMED-GABINETE JÚRIDICO E CONTENCIOSO - **Portaria n.º 594/2004, de 2 de junho** (2004). [Consultado em 2 de abril de 2019]. Disponível em : http://www.infarmed.pt/documents/15786/17838/portaria_594-2004.pdf/d8b8cac3-3250-4d05-b44b-51c5f43b601a
9. BROU, M.H.L., FEIO, J.A.L., RIBEIRO, R.M.P.F., BRITO, M.C.M., CRAVO, C., PINHEIRO, E. - **Manual da Farmácia Hospitalar**. Gráfica Maiadouro,2005 ISBN: 972-8425-63-5.

Anexos


Anexo I – Zona de preparação para a distribuição.



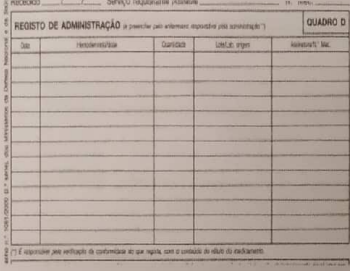
Anexo 2 – Circuito especial de distribuição de hemoderivados.

HCP.IT.FARM.0008.00
 2015-05-13
 Pag. 3/5

INSTRUÇÃO DE TRABALHO



OSÉ DE MELLO SAÚDE **Circuito dos Medicamentos Hemoderivados (Exceto Plasma)**

ADMINISTRAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> Recepcionar o Hemoderivado enviado pelos Serviços Farmacêuticos, conferindo a quantidade, lote e nome do doente. Proceder ao registo de cada administração no Quadro D que consta no duplicado do impresso. <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>	Enfermeiro
DEVOLUÇÃO	VIA SERVIÇO devolvida obrigatoriamente à Farmácia.	Enfermeiro
	Devolução OBRIGATÓRIA à farmácia, no prazo máximo de 24 horas, dos medicamentos hemoderivados não administrados, atendendo às condições de conservação do rótulo.	Enfermeiro
	Registo da devolução, datada e assinada (nº mecanográfico), no Quadro	Farmacêutico

Anexo 3 – Circuito especial de distribuição de hemoderivados.

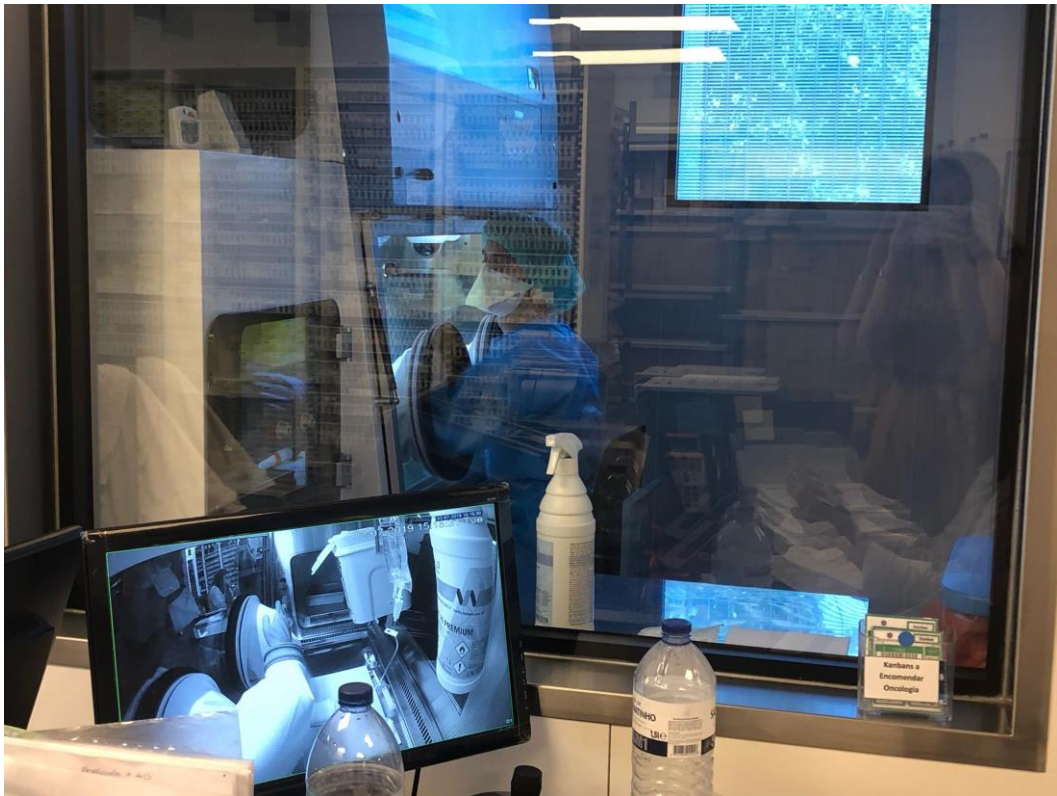
HCP.IT.FARM.0008.00
2015-05-13
Pag.4/5

INSTRUÇÃO DE TRABALHO

JOSE DE MELLO · SAÚDE **Circuito dos Medicamentos Hemoderivados (Exceto Plasma)**

ARQUIVO	CAUL	Certificado de Autorização de Utilização de Lote (CAUL) arquivado na Farmácia (Dossier CAUL)	Farmacêutico
	VIA FARMÁCIA	Arquivada na Farmácia (Dossier Modelo 1804 INCM)	Farmacêutico
	VIA SERVIÇO	Arquivada na Farmácia (HCD) / processo clínico físico (outras Unidades) (Dossier Modelo 1804 INCM - VIA SERVIÇO)	Farmacêutico
		Enviadas semanalmente para o arquivo clínico do HCD (Terça-feira das 9h às 12h)	
		Digitalizadas e arquivadas no processo clínico de cada doente em todas as unidades. As VIAs SERVIÇO digitalizadas são devolvidas mensalmente à farmácia HCD	Arquivo Clínico
AUDITORIA	Fazer auditoria semestral, por amostragem.		Qualidade
REQUISIÇÃO DE COMPRA	Solicitar às compras a aquisição através das ARS, Ordem dos Médicos.		Farmacêutico

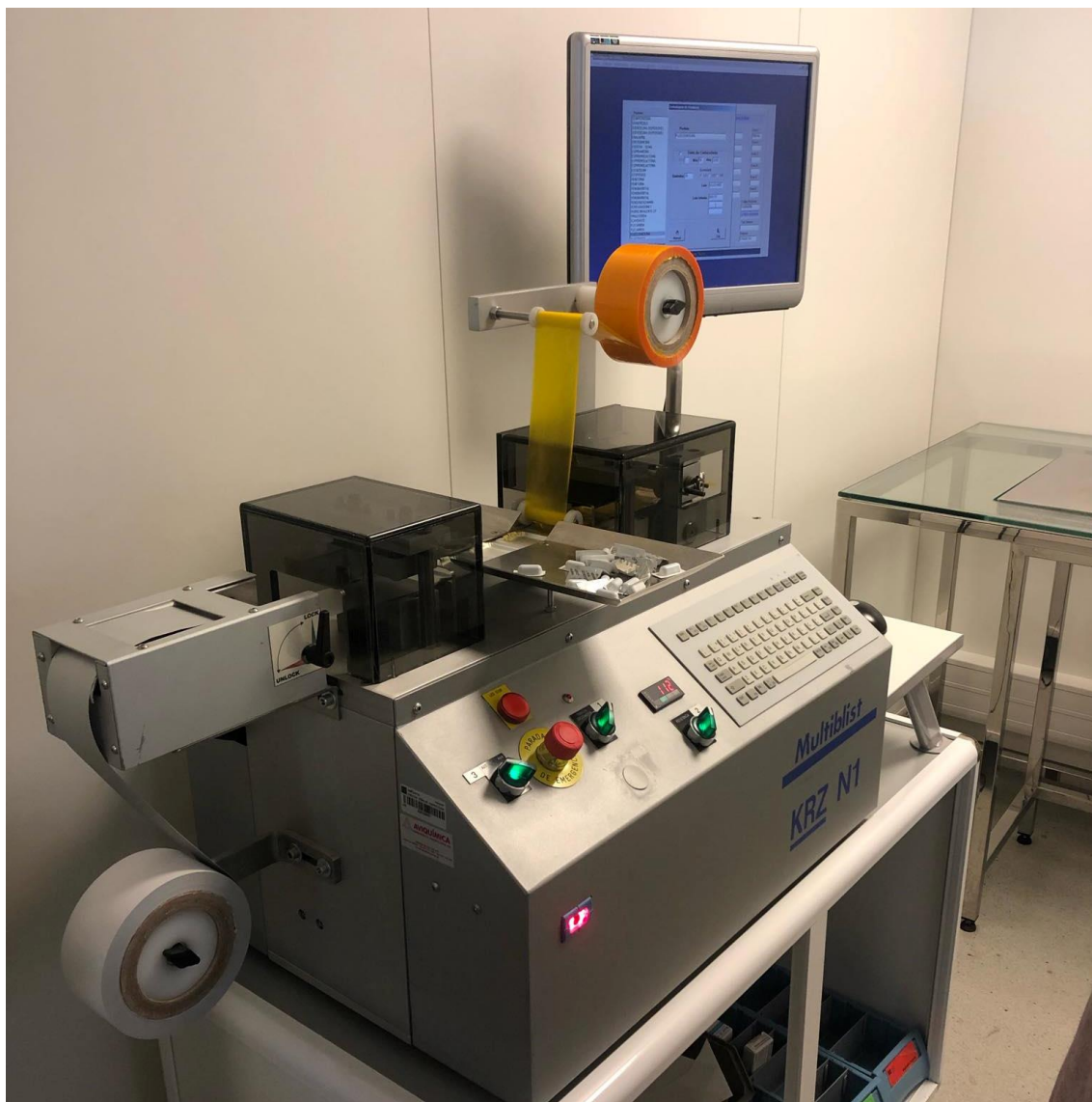
Anexo 4 – Unidade de Preparação de Citotóxicos.




Anexo 5 – Preparação de Medicamentos Não Estéreis



Anexo 6 – Equipamento de reembalagem de medicamentos.



Anexo 7 – Fichas de preparação de medicamentos não estéreis.



**Folha de Preparação de Preparações Galénicas
Estéreis e Não Estéreis**

JOSÉ DE MELLO SAÚDE

Medicamento: **BOCHECHOS DE NISTATINA COMPOSTOS**

Teor em substância activa: 3 000 000 U.I. de Nistatina Forma Farmacéutica: Suspensão oral

Data de Preparação: _____

Nº de Lote: ____/____ Quantidade a preparar: 500ml

Doente/ Serviço: _____

Médico: _____

COMPOSIÇÃO:

Materia-prima	Lote	Fornecedor	Farmacopeia	Quantidade p/400ml	Quantidade calculada	Quantidade medida	Rubrica operador e data	Rubrica do supervisor e data
BICARBONATO DE SÓDIO 1,4% 500 ML			F.P.	1.4 g	450 ml			
NISTATINA SOL. ORAL			BP2000	600 000 UI	30 ml			
CLORHEXIDINA (0,10%)+ CLOROBUTANOL (0,50%) [Eludril Classic®]					20 ml			

PREPARAÇÃO:

	Rubrica do Operador
1) Num copo graduado de 500 ml misturar 20 ml de Eludril com 30 ml de nistatina	
2) Junta-se 450ml da solução de bicarbonato de sódio 1,4%	
3) Completa-se o volume até 500 ml	
4) Transferir para frasco de capacidade adequada e rotular	

Colar Rótulo

ROTULAGEM:

Proceder à elaboração do rótulo:

Nome do titular: _____
 Nome do responsável: _____
 Data: _____
 Assinatura: _____
 Rubrica: _____
 Nome do titular: _____
 Nome do responsável: _____
 Data: _____
 Assinatura: _____
 Rubrica: _____

EQUIPAMENTO:

Não se aplica.

Parte B - Relatório de estágio em Farmácia Comunitária

Abreviaturas e Siglas

ANF - Associação Nacional de Farmácias

CCR - Centro de Conferência de Faturação

CTT - TT- Correios de Portugal

DCI - Denominação Comum Internacional

DGS - Direção Geral de Saúde

EDP - Energias de Portugal

FP- Farmácia Positiva

MICF - Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas

MNSRM - Medicamento(s) não sujeito(s) a receita médica

MSRM - Medicamento(s) sujeito(s) a receita médica

PVF - Preço de venda à farmácia

PVP - Preço de venda ao público

SAMS - Serviço de Assistência Médico-Social

SNS - Serviço Nacional de Saúde

SWOT - *Strenghts, Weaknesses, Opportunities, Threats (Forças, Fraquezas, Oportunidades, Ameaças)*

TAF - Técnico Auxiliar de Farmácia

I. Introdução

A farmácia comunitária é um estabelecimento aberto ao público que oferece um vasto leque de cuidados e serviços indispensáveis no dia a dia do utente, com vista a melhorar a sua saúde e aumentar a sua qualidade de vida. Cada vez mais o farmacêutico comunitário tem um papel de destaque nos cuidados de saúde. Contrariamente ao que se considerava há umas décadas, a atividade do farmacêutico começou a focar-se cada vez mais no utente, em detrimento da mera preparação officinal de medicamentos. Desta forma, é possível verificar que, atualmente, os serviços prestados pelos farmacêuticos na farmácia não se resumem à dispensa do medicamento, reunindo funções, tais como: acompanhamento farmacoterapêutico, sensibilização da população para a adoção de estilos de vida saudáveis, aconselhamento para a utilização racional do medicamento, medição de parâmetros bioquímicos com especial interesse no despiste precoce de doenças e administração de medicamentos, entre outras. Para além disto, o farmacêutico apresenta também um papel fundamental na garantia dos objetivos do Serviço Nacional de Saúde (SNS), tornando-se cooperante com o utente, de forma a retirar todos os benefícios que este sistema oferece. Assim, a farmácia comunitária assume-se cada vez mais como uma unidade indispensável para o funcionamento completo e sustentável do sistema de saúde.^{1,2}

Sendo o estágio curricular em farmácia comunitária um requisito obrigatório para a obtenção do título de formação do farmacêutico, segundo a Diretiva 2013/55/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho de 20 de novembro de 2013³, integrei a equipa da Farmácia Positiva, de dezembro de 2018 a abril de 2019.

Este relatório descreve o meu percurso de quatro meses de estágio na Farmácia Positiva. Esta localiza-se no centro de Marco de Canaveses e presta serviços a toda a comunidade, com profissionalismo e excelência.

Neste relatório irei descrever as tarefas desenvolvidas, sob a forma de uma análise SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats), abordando pontos fortes e fracos que entendi serem pertinentes.

2. A Farmácia Positiva

Localizada na Avenida Futebol Clube do Marco, 755, loja 7/8, a farmácia positiva, em Marco de Canaveses imprimiu um novo conceito e uma nova imagem à cidade, desde 2017. Dirigida pela Dra. Ana Maria Ramos Neves, é uma farmácia com um estilo moderno e uma equipa de profissionais competentes, que recebe diariamente inúmeros utentes.

Aqui trabalham 2 farmacêuticos, 2 técnicas de farmácia, 4 técnicas auxiliares de farmácia e ainda a diretora técnica, Dra. Ana Neves, que constituem uma equipa de profissionais qualificados, dinâmicos e sempre prontos a ajudar.

A Farmácia Positiva está aberta todos os dias, das 08:30h às 22:00h e conta com serviços complementares, desde a administração de injetáveis, consultas de nutrição, podologia e cessação tabágica e, ainda, organiza sessões de ecografias 4D.

3. Análise SWOT

Tabela 2 - Análise SWOT relativa ao estágio em Farmácia Comunitária

Pontos fortes	Pontos fracos	Oportunidades	Ameças
<ul style="list-style-type: none">• Equipa técnica• Localização• Horário rotativo• Preparação de medicamentos manipulados• Técnicas de venda• Atividades desenvolvidas	<ul style="list-style-type: none">• Marcas comerciais pouco abordadas no MICF• Excesso de estagiários• Barreiras em certas áreas	<ul style="list-style-type: none">• Ações de sensibilização realizadas nas escolas e associações• Sifarma 2000®• Contacto com o mercado de trabalho	<ul style="list-style-type: none">• Concorrência das outras farmácias• Localização da farmácia• Gerência recente• Venda de MNSRM fora das farmácias• Escassez de medicamentos

3.1 Pontos fortes

3.1.1 Equipa Técnica

A integração na equipa técnica da Farmácia Positiva foi muito fácil e acessível sendo, na minha opinião, um dos pontos altos do meu estágio. É constituída por profissionais jovens e dinâmicos, sempre com o seu foco no utente e no ato farmacêutico.

Senti, desde o início, um ambiente de boa disposição e de à vontade, o que me deu incentivo para realizar todas as tarefas que me foram propostas. O conhecimento e a experiência foram transmitidos, de forma gradual, para que pudesse assimilar, em pleno, o funcionamento da farmácia.

Na parte inicial do meu estágio, observava os atendimentos para perceber todo o processo, desde o aconselhamento até à dispensa final da medicação. Percebi, assim, a importância de estar atento a todos os pormenores, a tudo o que o utente diz e, às vezes, não diz. Estar ao lado dos profissionais para resolver qualquer tipo de entrave que surgisse, foi para mim uma mais valia, fazendo com que me tornasse uma pessoa mais autónoma a cada dia, capaz de resolver problemas e arranjar soluções.

Apesar de ser uma farmácia com uma gerência relativamente recente, a antiga gerência tinha utentes fidelizados e, como a equipa era praticamente a mesma, essa confiança manteve-se.

Constatei que uma equipa profissional e da confiança dos utentes é um dos pontos fortes do bom funcionamento de uma farmácia.

3.1.2 Localização

O facto de a farmácia estar sediada na minha área de residência, tornou-se mais fácil, em termos de deslocação. Para além disso, o conhecimento dos utentes da minha terra facilitou-me a interação com eles e aumentou a minha confiança no atendimento.

3.1.3 Horário rotativo

O horário na farmácia era rotativo, ou seja, semanalmente havia alterações, devido ao facto de sermos três estagiárias. Estas alterações eram, para mim, benéficas uma vez que, para além de o estágio não se tornar monótono, cobria todo o horário da farmácia (08:30h às 22:00h) e libertava-me tempo para escrever o respetivo relatório do estágio.

3.1.4 Preparação de medicamentos manipulados

Entende-se por medicamento manipulado, “todo o medicamento preparado numa farmácia, segundo uma receita médica e destinado a um doente determinado”.⁴ Este tipo de medicamento é preparado segundo a apresentação de uma receita, adaptada a um determinado doente, de acordo com as decisões do médico prescritor.

Na FP, a preparação de medicamentos manipulados era escassa. Contudo, tive a oportunidade de observar a preparação de algumas pomadas e proceder ao preenchimento das fichas de preparação que, posteriormente, eram arquivadas num dossiê preparado para o efeito. Os restantes manipulados prescritos eram requisitados a outras farmácias. Todos os manipulados eram preparados segundo as “Boas práticas na preparação de medicamentos manipulados”.⁵

3.1.5 Técnicas de venda

Em Farmácia Comunitária, a gestão dos produtos e a sua rotação é um dos pontos cruciais para o sucesso financeiro da farmácia. Evitar quebras e garantir a rotatividade dos produtos é um dos deveres do farmacêutico comunitário. De modo a cumprir esse objetivo, inserem-se as técnicas de venda e *merchandising*, que o farmacêutico deve conhecer e concretizar.

Os profissionais colocaram-me a par de todas as técnicas de venda que ali eram realizadas ao longo do dia. Pude participar na concretização dessas técnicas, tanto no momento do atendimento, tendo vista a necessidade dos utentes, como ao nível da disposição dos produtos na farmácia, organizando lineares e montras. Tive, também, oportunidade de divulgar produtos da farmácia, participando na realização de um vídeo para as redes sociais (*Facebook* e *Instagram*), que permite que a informação chegue a um maior número de pessoas.

Assim, pude aplicar alguns dos conhecimentos adquiridos durante o MIFC nesta área, nas unidades curriculares de “Organização e Gestão Farmacêutica” e “Comunicação e Marketing Farmacêutico”, constatando que estas técnicas são fundamentais e indispensáveis para o desenvolvimento económico da farmácia.

3.1.6 Atividades desenvolvidas

O atendimento ao utente está longe de ser a única responsabilidade de um farmacêutico. Existe todo um processo interno, contínuo e organizado, que é da competência do farmacêutico e indispensável ao bom funcionamento da farmácia.

Tive a oportunidade de passar por todos esses setores, observando e realizando, com supervisão, todas as tarefas que a cada um dizem respeito. **Receção de encomendas e armazenamento** – a primeira tarefa que realizei foi o armazenamento das encomendas que diariamente chegavam à farmácia, através dos principais fornecedores. Ali, os MSRMs eram armazenados em gavetas, que estavam organizadas por

ordem alfabética, separadas por “medicamentos de marca”, “medicamentos genéricos”, “anticoncepcionais”, “pomadas”, “gotas orais”, “transdérmicos”, “uso vaginal”, “uso retal”, “xaropes/soluções orais”, “uso externo”, “saquetas” e, ainda, uma gaveta destinada aos psicotrópicos e estupefacientes. Todos os excedentes eram arrumados no armazém da farmácia, com a mesma organização (anexo I). Os produtos de dermocosmética eram dispostos atrás dos balcões de atendimento com respetivos lineares, assim como os MNSRM sazonais e com mais rotatividade (gripes/constipações, obstipação e diarreia, vitaminas e suplementos, entre outros). Protetores solares, produtos para bebé e mamã, dietéticos e nutrição e dispositivos médicos estavam dispostos em expositores independentes. É importante a aplicação do método *first in, first out* (o primeiro a entrar é o primeiro a sair), durante o armazenamento, o que evita os produtos armazenados fiquem fora da validade. Algum tempo depois, foi-me explicado o processo de receção de encomendas no Sifarma2000® tendo, nesse momento, o meu primeiro contacto com o sistema. Durante a receção, procedia à leitura ótica de cada produto, verificava sempre os novos prazos de validade e, se necessário, alterava no sistema. No final, conferia os PVF de cada produto e o total da fatura, imprimia uma cópia dos produtos recebidos e arquivava. Era enviada a informação ao Infarmed, através do sistema, da lista dos produtos esgotados.

Encomendas e gestão de stocks – a gestão de *stocks* é, também, um dos fatores cruciais para o sucesso económico da farmácia. Gerir os *stocks* permite reduzir os custos e satisfazer as necessidades dos utentes. Aqui o trabalho do farmacêutico é decisivo, na medida em que é necessário ajustar o sistema às variações de fluxo do mercado, face à oferta e à procura.

Diariamente, eram realizadas encomendas (duas vezes ao dia), com o intuito de repor o que era vendido no dia anterior. No final de cada mês, eram feitas encomendas de medicamentos de marca e genéricos, com mais rotatividade. Eram revistos regularmente, pelo farmacêutico gestor, os *stocks* mínimos e máximos de cada produto. Tive oportunidade de observar todo este processo, relativo às encomendas, realizado sempre pelo farmacêutico gestor. Apesar disto, nem sempre existia na farmácia o que o utente procurava, havendo a necessidade de fazer encomendas instantâneas diretamente ao fornecedor, por telefone ou na área cliente, no *site*. Deste modo, contactei com os diferentes fornecedores da FP, a *OCP Portugal*, a *Cooprofar* e a *Alliance-Healthcare*.

Realizei, também, algumas reclamações/devoluções de produtos aos respetivos fornecedores. Neste processo, é preenchida uma nota de devolução, com o motivo da respetiva devolução (produto danificado ou que não corresponde à nota de encomenda),

devidamente carimbada e rubricada, que acompanha o produto, e é enviada pelo transportador até ao fornecedor. Se o produto foi faturado e não chegou, faz-se uma reclamação, à qual o fornecedor atribui uma nota de crédito ou envia o produto.

Mensalmente, é realizado o controlo de prazos de validade dos produtos existentes na farmácia. O farmacêutico elabora listas de produtos que, informaticamente, possuem prazo de validade igual ou inferior a dois meses. São confirmados os prazos de validade de todos os produtos existentes na lista, separando-os para devolução ao respetivo fornecedor. Caso o prazo de validade não seja coincidente com o informaticamente inscrito (pv superior a dois meses), essa informação é alterada no Sifarma2000®. Esta foi uma das tarefas que realizei durante o estágio.

Dispensa de medicamentos ao público – o atendimento ao público é um elemento fulcral na dinâmica da farmácia, em que se impõe uma boa comunicação na relação farmacêutico/utente. Existem alguns pontos a ter em conta quando comunicamos com o utente, como, por exemplo, passar uma informação clara, precisa e empática, e tendo sempre em conta a postura corporal, a expressão facial, o olhar e a voz.

O atendimento ao público foi uma realidade com a qual contactei desde o início do meu estágio, uma vez que acompanhava sempre os profissionais ao balcão, observando o processo de dispensa de medicação e relação com os utentes. Durante esse período, apercebi-me que o farmacêutico precisa de ser versátil e com capacidade para se adaptar aos mais variados tipos de utentes, criando uma relação de confiança, para assim conseguir um atendimento eficaz. O farmacêutico deve adotar uma postura adequada e evitar barreiras na comunicação, para que, desta forma, o utente confie e ponha em prática os conselhos de utilização, o que estimula uma maior adesão à terapêutica.

Inicialmente, a insegurança e a timidez foram entraves para a minha integração nesta realidade. Todavia, com o passar do tempo e o incentivo dos profissionais, essas barreiras dissiparam-se.

Receituário e faturação – Todos os MSRM dispensados pela farmácia são comparticipados, em parte, pelo SNS ou por outro subsistema de saúde adicional (ADSE, SAMS, EDP São Vida, entre outros), isto é, o utente paga uma parte no ato da dispensa e o subsistema paga o restante, relativo à comparticipação, à farmácia. Para que tal aconteça, no final de cada mês a farmácia procede à organização e verificação do receituário, para faturação do mesmo. As receitas manuais e eletrónicas desmaterializadas são separadas por regime de comparticipação usado e organizadas em lotes de 30 receitas. Aquando desta separação, as receitas são confirmadas, no que diz respeito à assinatura do prescriptor/médico, data (receitas

manuais têm validade de um mês), vinheta do médico, subsistema de saúde que foi faturado, presença da exceção que justifica o uso da receita manual, assinaturas do utente e do profissional, datadas no ato da dispensa. Após a verificação de todas as conformidades, é emitido um verbete, documento de identificação dos lotes, onde está discriminado o PVP dos medicamentos, o valor pago pelo utente e o valor a devolver à farmácia pelo subsistema. A par deste documento, é emitida também uma fatura em quadruplicado, que é enviada (original, duplicado e triplicado) para o Centro de Conferência de Faturação (CCR), juntamente com o receituário. Nestas faturas está descrito o código da Associação Nacional de Farmácias (ANF), subsistema de participação, número total de lotes e de receitas, valores totais do PVP, encargos totais, número da fatura, mês e ano, data de emissão, carimbo e assinatura do diretor técnico ou substituto legal.

Relativamente às receitas manuais participadas pelo SNS, o receituário deverá ser enviado pelos CTT para o CCR, até ao dia 5 do mês seguinte, para verificação. Após a confirmação de todo o receituário enviado, a ANF procede à devolução da quantia da participação, à farmácia. No caso da complementaridade com outros subsistemas de saúde, é necessário, aquando da dispensa, tirar fotocópia da receita para a impressão de uma nova fatura, no verso. Desta forma, uma das receitas é enviada ao SNS e a outra ao subsistema de saúde correspondente.

Na FP, foi-me explicado este processo e tive a oportunidade de observar, no final de cada mês, a preparação de todo o receituário, para posterior envio ao CCR e à ANF.⁶

Serviços complementares prestados - os cuidados de saúde prestados numa farmácia comunitária não se limitam ao atendimento ao público e à dispensa de medicamentos. A legislação estabelece os serviços farmacêuticos que podem ser prestados pelas farmácias.

Segundo a Portaria n.º 1429/2007, de 2 de novembro, as farmácias podem prestar os seguintes serviços farmacêuticos de promoção da saúde e do bem-estar dos utentes:

- Apoio domiciliário;
- Administração de primeiros socorros;
- Administração de medicamentos;
- Utilização de meios auxiliares de diagnóstico e terapêutica;
- Administração de vacinas não incluídas no Plano Nacional de Vacinação;
- Programas de cuidados farmacêuticos;
- Campanhas de informação;
- Colaboração em programas de educação para a saúde.⁷

Estes serviços são prestados, com todo o profissionalismo e qualidade, na FP.

a) Determinação de parâmetros bioquímicos e cuidados de saúde

A FP possui um gabinete independente (anexo 2) para a medição de parâmetros bioquímicos tais como, medição da pressão arterial, medição da glicemia e medição do colesterol. Acompanhei várias vezes os profissionais quando procediam à medição destes parâmetros e observei os cuidados necessários para uma medição precisa e rigorosa. Após algum tempo, quando me era solicitado, já realizava estas tarefas autonomamente.

Na medição da pressão arterial, utilizava-se um tensiometro automático e era facultado um cartão ao utente para que pudesse registar os valores de todas as medições, sendo assim mais fácil para o médico, numa próxima visita, avaliar as oscilações de pressão arterial.

Para medir o colesterol total e os triglicerídeos era utilizado o equipamento Reflotron® Plus, que se baseia no princípio da fotometria de reflectância (foto), com elevada precisão e exatidão. Quando estes parâmetros se encontram elevados são fatores de risco cardiovascular, sendo a sua determinação fundamental para o controlo e identificação de doenças cardiovasculares.

Sendo a diabetes *mellitus* umas das doenças mais prevalentes na população nos dias de hoje, determinar a glicemia regularmente ajuda tanto no controlo dos doentes com a patologia já instalada como no diagnóstico precoce da doença, tomando, assim, o farmacêutico as medidas adequadas, consoante os casos. Na FP, a determinação deste parâmetro é avaliada através de um medidor de glicose que determina a glicose capilar por um método enzimático.

É possível, também, usufruir de consulta de dietética e nutrição, tendo a FP um papel ativo no combate à obesidade e excesso de peso, constituindo, estes, fatores de risco para muitas doenças e complicações associadas a elas. Para além disso, na FP também se encontram disponíveis consultas de podologia e realizam-se sessões de ecografias 4D para grávidas.

b) Outros serviços

A FP possui um leque de serviços disponíveis ao utente com vista à promoção da saúde da população. É o caso do “programa troca de seringas”, implementado pela DGS, que consiste, segundo a Portaria n.º 301-A/2016 de 30 de novembro, na “distribuição gratuita por troca das seringas usadas e tem como objetivo reduzir a transmissão endovenosa e sexual de infeções transmissíveis entre utilizadores de drogas injetáveis”⁸. No gabinete onde são determinados os parâmetros bioquímicos, existe um contentor próprio para a deposição das seringas usadas e os *kits* para troca estão num armário apropriado, no mesmo espaço.

O sistema ValorMed, também presente na FP, evita a poluição ambiental com resíduos de medicamentos tratados como resíduos urbanos comuns. Os contentores de cartão

ValorMed são requisitados aos fornecedores, que enviam também fichas de preenchimento obrigatório, tanto para o operador que tranca o contentor como para o que o transporta.

3.2 Pontos fracos

3.2.1 Marcas comerciais pouco abordadas no MICF

Uma das fraquezas que mais senti no estágio em farmácia comunitária foi conseguir associar marcas comerciais à sua substância ativa e forma galénica. Devido à incidência na DCI, durante o MICF, em detrimento destes nomes comerciais, o meu conhecimento de marcas era escasso, limitando-se apenas a denominações com as quais já tinha contactado e que são mais conhecidas. No entanto, a obrigatoriedade das receitas eletrónicas pelo Decreto-Lei n.º 106-A/2010, de 1 de outubro e o requisito da designação do medicamento através da denominação comum da substância ativa (Portaria n.º 198/2011, de 18 de maio), veio facilitar o processo e evitar erros de dispensa^{9,10}.

Contudo, ao longo do estágio, o contacto com as marcas comerciais foi de tal forma elevado que aumentou o meu conhecimento neste campo, conseguindo agora associar marcas à substância ativa e forma galénica, de uma forma mais fácil e rápida.

3.2.2 Excesso de estagiários

Inicialmente na FP éramos três estagiárias, duas da UC e uma da UP. Embora considere ser uma mais valia para mim, devido ao facto de nos encontrarmos no mesmo patamar de aprendizagem, trocando ideias e distribuindo tarefas sempre com um espírito de entreajuda, o facto de existirem poucos balcões de atendimento, não permitindo o trabalho simultâneo de todas, tornou-se um ponto menos positivo, uma vez que criava muitos tempos mortos para cada uma de nós.

3.2.3 Barreiras em determinadas áreas

A FP possui um vasto leque de marcas associadas à dermocosmética, nomeadamente Uriage®, Bioderma®, Ducray®, La Roche Posay®, Vichy® e Avene®, entre outras. Cada marca integra uma grande variedade de gamas, indicadas para satisfazer as necessidades dos mais variados tipos de pele. O pouco conhecimentos da maioria das gamas criou-me algumas barreiras no aconselhamento ao utente, aquando do atendimento. Contudo, com toda a explicação e conhecimento transmitido pelos profissionais e com as formações a que assisti,

essas limitações foram-se dissipando. Neste momento sinto-me muito mais segura e confiante no aconselhamento ao utente, adequando as preferências às suas necessidades.

Inicialmente surgiram, também, algumas dificuldades na área da veterinária, uma vez que estando a FP num meio mais rural, o contacto com esta vertente era frequente. Neste meio existem os mais variados tipos de animais tais como, cães, gatos, suínos, bovinos, caprinos, ovinos e aves (pombas e galinhas). Uma vez que o meu conhecimento dos medicamentos e produtos de veterinária era limitado, surgiram alguns entraves, mas mais uma vez, com o contacto frequente com esta área e todo o conhecimento que me foi passado, essas dificuldades diluíram-se.

3.3 Oportunidades

3.3.1 Ações de sensibilização realizadas nas escolas e associações.

Durante o tempo de estágio foram várias as ações realizadas pela FP, com a colaboração das estagiárias, nas escolas e associações.

Um das ações de sensibilização incidia na proteção solar e na higiene oral. Esta ação foi direcionada a alunos do 1º ciclo do ensino básico (do 1º ao 4º ano), da Escola Básica da Picota de Tuias, Marco de Canaveses, e contou com cerca de 90 alunos e 15 adultos, docentes e não docentes. Estive envolvida na organização desta iniciativa, assim como a minha colega de estágio, construindo a apresentação em PowerPoint e expondo-a aos alunos. No final, realizámos alguns jogos interativos com as crianças para que mais facilmente interiorizassem os conteúdos. (Anexo 3)

Outra ação, na qual participei, foi organizada pela colega de estágio da UP e seria um dos projetos inseridos no seu relatório de estágio. Tratava o problema da osteoporose no idoso e foi feito um rastreio na associação “Alegria de Crescer”, a cerca de 40 idosos. Esse rastreio tinha por objetivo a medição da densidade óssea, através do osso calcâneo. Após o rastreio, a colega fez uma exposição, na qual participei, acerca das quedas no idoso e cuidados a ter no quotidiano para as evitar.

3.3.2 Sifarma 2000®

Desenvolvido pela empresa “Glintt”, o Sifarma2000® é uma ferramenta de gestão que ajuda a prosperar o desempenho da atividade farmacêutica. Utilizado por um elevado número de farmácias em Portugal, este sistema faz a gestão do produto, desde a sua entrada até ao momento de dispensa ao utente, organizando e detalhando informações acerca do

medicamento. Esta ferramenta faz a leitura das receitas eletrónicas, evitando erros de dispensa e garantindo um maior cuidado no atendimento ao público. Assim, é possível criar fichas de cliente, que permitem o acesso ao histórico do utente, evitando interações medicamentosas, e propiciando um aconselhamento personalizado e de qualidade. Aquando da dispensa de medicamentos/atendimento ao público, é possível aceder à informação científica dos medicamentos, nomeadamente indicação terapêutica, posologia, contraindicações e precauções de utilização, bem como consultar a sua localização na farmácia, conseguindo assim um atendimento rápido e eficaz. Permite, também, realizar a gestão do *stock*, controlo de prazos de validade e etiquetagem de produtos, evitando ruturas ou acumulação excessiva de produtos.¹¹

Apesar de, na unidade curricular de “Organização e Gestão Farmacêutica” já ter tido um contacto primário com o Sifarma2000®, as noções que apreendi eram muito básicas e superficiais, não me permitindo trabalhar autonomamente com este sistema. Foi no estágio que mais contactei com esta ferramenta. Sendo, inicialmente, um pouco difícil de perceber o seu funcionamento, ao longo do tempo fui descobrindo todas as suas vantagens conseguindo, atualmente, dominar o *software*.

Constatai que o Sifarma2000® é uma mais valia, tanto para a farmácia como para o farmacêutico, sendo uma ferramenta imprescindível numa farmácia comunitária.

3.3.3 Contacto com o mercado de trabalho

Considero que, realizar este estágio curricular na FP foi muito importante para o meu desenvolvimento como profissional de saúde, sendo bastante recompensador na medida em que alcancei informações e saberes que não conhecia e consolidei conhecimentos que adquiri ao longo dos 5 anos do MICF. Na F.P. experienciei o meu primeiro contacto com o mercado de trabalho, vivenciando situações reais do dia a dia, expondo problemas e angariando soluções.

Este estágio mostrou-me a realidade da farmácia comunitária no geral, preparando-me e formando-me para o mercado de trabalho, com o objetivo de me tornar uma futura profissional de qualidade.

3.4 Ameaças

3.4.1 Concorrência das outras farmácias e de postos de venda de MNSRM

No Marco de Canaveses existem 4 farmácias no centro da cidade, incluindo a FP. Devido à relativa proximidade das outras 3 farmácias, e deste ser um concelho populacional relativamente pequeno, a competitividade entre farmácias tem alguma expressão. Os utentes dividem-se um pouco pelas várias farmácias, de acordo com a sua conveniência, seja em relação à confiança farmacêutico/utente, seja em relação à localização da farmácia.

Para além disso, de acordo com o Decreto-Lei nº 134/2005 de 16 de agosto, os MNSRM podem ser vendidos ao público fora das farmácias, em locais que cumpram os requisitos legais e regulamentares¹². Esta medida teve por objetivo o acesso facilitado a este tipo de medicamentos e a diminuição do preço dos mesmos. Consequentemente, provocou um decréscimo significativo do lucro das farmácias uma vez que são os MNSRM que oferecem a maior fatia de lucro, e propiciou, também, o incentivo à automedicação.

3.4.2 Gerência recente

Como já referi anteriormente, a gerência da FP é relativamente recente, não sendo, os novos gerentes, conhecidos da região. Isto faz-se sentir ao nível do fluxo de venda, uma vez que a confiança dos utentes depositada na antiga gerência foi abalada. No entanto, apesar disto, os colaboradores/profissionais de saúde mantiveram-se, sustentando, desta forma, a fidelização da maior parte dos antigos utentes.

3.4.3 Escassez de medicamentos

A escassez de medicamentos no mercado é uma realidade atual, sentida a nível nacional. É uma situação preocupante que complica o acesso dos utentes e coloca em risco os cuidados de saúde e a qualidade de vida dos portugueses. Todos os dias surgem situações em que as necessidades dos utentes não são cumpridas, por falta de *stock*. Estas situações acontecem quando há rutura de medicamentos nos laboratórios que os produzem. Quando alguns dos pedidos são satisfeitos, o abastecimento das farmácias é feito de forma rateada.

Todos os dias, no final da receção de encomendas, o sistema enviava a informação ao Infarmed dos medicamentos que constavam na nota de encomenda e que não foram rececionados.

Na FP, ao longo do mês, o farmacêutico gestor redigia listas de medicamentos rateados, as quais eram enviadas ao fornecedor principal com o objetivo de fornecer informação acerca das necessidades da farmácia.

4. Considerações finais

Com o estágio realizado na Farmácia Positiva, constatei a importância do farmacêutico comunitário e das suas funções na comunidade e na saúde pública. A possibilidade de acompanhar diariamente e compreender o que é o quotidiano da profissão foi, para mim, muito recompensador, contribuindo para o meu desenvolvimento, quer a nível pessoal quer a nível profissional.

Apesar de algumas dificuldades inicialmente sentidas, a equipa da Farmácia Positiva esteve sempre presente e pronta a ajudar, transmitindo-me conhecimentos e experiência, que foram imprescindíveis na superação dessas dificuldades. Apercebi-me que, cada utente é um novo desafio e uma nova oportunidade para demonstrar o que aprendi durante os 5 anos do MICF, sendo, sem dúvida, o maior contributo para o meu crescimento como profissional.

No final deste estágio, consegui desempenhar as minhas funções de forma profissional e autónoma, acompanhada por uma excelente equipa de profissionais que, incansavelmente, me prepararam para o dia a dia da profissão. É à equipa que devo grande parte do crescimento e desenvolvimento que obtive durante este período.

Estando o farmacêutico em constante formação, haverá ainda muito a aprender. Contudo, considero que a experiência profissional é o maior aspeto impulsionador, eliminando inseguranças e melhorando o à vontade com a profissão.

Todo o período de estágio na Farmácia Positiva foi de aprendizagem e desenvolvimento profissional/pessoal, sentindo-me, hoje, mais preparada e capaz para desempenhar as funções de farmacêutica comunitária.

5. Referências bibliográficas

- 1- ORDEM DOS FARMACÊUTICOS – **A Farmácia Comunitária**. [consultado em 10 de abril de 2019]. Disponível em: <https://www.ordemfarmaceuticos.pt/pt/areas-profissionais/farmacia-comunitaria/a-farmacia-comunitaria/>
- 2- APEF- **Farmácia comunitária**. [consultado em 10 de abril de 2019]. Disponível em: <http://apef.pt/farmacia-comunitaria/>
- 3- JORNAL OFICIAL DA UNIÃO EUROPEIA – **Diretiva 2013/55/eu do Parlamento Europeu e do Conselho de 20 de novembro de 2013**. (2013) [consultado em 12 de abril de 2019]. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:354:0132:0170:PT:PDF>
- 4- INFARMED- GABINETE JURIDICO E CONTENCIOSO- **Despacho do Ministério da Saúde n.º 18/91, de 12 de agosto. Boas práticas de fabrico de manipulados**. (1991). [consultado em 12 de abril de 2019]. Disponível em: http://www.infarmed.pt/documents/15786/1070327/despacho_18-91.pdf
- 5- INFARMED- GABINETE JURIDICO E CONTENCIOSO- **Portaria n.º 594/2004, de 2 de junho**. (2004). [consultado em 13 de abril de 2019]. Disponível em: http://www.infarmed.pt/documents/15786/1070327/portaria_594-2004.pdf
- 6- ADMINISTRAÇÃO CENTRAL DO SISTEMA DE SAÚDE, IP – **Manual de Relacionamento das Farmácias com o Centro de Conferência de Faturas do SNS**. (2017) [Acedido a 18 de abril de 2019]. Disponível em: <https://www.ccf.minsaude.pt/portal/page/portal/estrutura/documentacaoPublica/ACSS/Manual%20de%20Relacionamento%20de%20Farmácias%20v1.25.pdf>
- 7- INFARMED- GABINETE JURIDICO E CONTENCIOSO- **Portaria n.º 1429/2007, de 2 de novembro**. (2007). [consultado em 20 de abril de 2019]. Disponível em: http://www.infarmed.pt/documents/15786/1067254/023A3_Port_1429_2007.pdf/b3ca19de-3927-4f98-9de0-7a4cf4eab534?version=1.0
- 8- DIÁRIO DA REPÚBLICA -MINISTÉRIO DA SAÚDE- **Portaria n.º 301-A/2016, de 30 de novembro**. (2016). [consultado em 22 de abril de 2019]. Disponível em: <https://dre.pt/application/conteudo/105283970>
- 9- DIÁRIO DA REPÚBLICA -MINISTÉRIO DA SAÚDE- **Decreto-Lei n.º 106-A/2010, de 1 de outubro**. (2010). [consultado em 26 de abril de 2019]. Disponível em: <https://dre.pt/application/conteudo/480967>

- 10- INFARMED- GABINETE JURIDICO E CONTENCIOSO- **Portaria n.º 198/2011, de 18 de maio.** (2011). [Consultado em 26 de abril de 2019]. Disponível em: http://www.infarmed.pt/documents/15786/1068535/044_Port_198_2011_IALT_REV.pdf
- 11- GLINTT-**Sifarma.** [consultado em 30 de abril de 2019]. Disponível em: <https://www.glintt.com/pt/o-que-fazemos/ofertas/SoftwareSolutions/Paginas/Sifarma.aspx>
- 12- DIÁRIO DA REPÚBLICA -MINISTÉRIO DA SAÚDE-**Decreto-Lei nº 134/2005, de 16 de agosto.** (2005). [Consultado em 2 de maio de 2019]. Disponível em: <https://dre.pt/application/conteudo/243692>

Anexos

Anexo I – Armazém da farmácia.



Anexo 2 – Gabinete para a medição de parâmetros bioquímicos



Anexo 3 – Ação de sensibilização realizada numa escola.



**Parte C - Contaminação de
água de abastecimento público
com arsénio: implicações para a
saúde pública**

Abreviaturas e siglas

ALT - Alanina aminotransferase

As - Arsénio

AST - Aspartato aminotransferase

BAL - 2,3-dimercaptopropanol

BFD - Blackfoot disease

CBC - Carcinoma Basocelular

CCE - carcinoma de células escamosas

CPNM - cancro de pele não-melanoma

DCV - Doenças cardiovasculares

DMPS - Ácido dimercaptopropanil-I- sulfónico [Dimaval®; Unithiol®].

DMSA - Ácido dimercaptosuccínico [Chemet®; Succimer®]

DNA MTase - DNA metiltransferase

DT2 - Diabetes mellitus tipo 2

DVP - Doença vascular periférica

ECG - Eletrocardiograma

GSH - Glutatião

HERG - the human Ether-a-go-go-Related Gene

IARC - International Agency for Research on Cancer

JNK - C-Jun N-Terminal Quinases

MF - Microfiltração

OMS - Organização mundial de saúde

OR - Osmose Reversa

p38 MAPK - P38 mitogen-activated protein kinase

ROS - Espécies reativas de oxigénio

UF - Ultrafiltração

Resumo

O arsénio é um elemento largamente presente na natureza, contaminando água, ar e alimentos. As fontes de contaminação por arsénio podem ser de origem geológica ou resultantes das atividades humanas. Atualmente, a exposição crónica a este elemento está a tornar-se um problema a nível mundial, afetando mais de 40 milhões de pessoas. A ingestão de água contaminada por arsénio pode ter consequências negativas nos órgãos do corpo humano, afetando a pele e os sistemas nervoso, respiratório, cardiovascular, hematopoiético, imunológico, endócrino, hepático, renal e reprodutivo. A OMS, em 1993, definiu um nível muito restrito (10 µg/L) deste elemento nas águas para consumo humano, consequência dos resultados de vários estudos toxicológicos e epidemiológicos que vieram evidenciar a potencial ação cancerígena de algumas espécies de arsénio. Assim sendo, a eliminação de espécies de arsénio da água bruta tornou-se uma prioridade, resultando na investigação e no desenvolvimento de tecnologias inovadoras de remoção, mais eficientes e sustentáveis, para que se obtenha uma água segura para o consumo humano. Este trabalho trata as causas da contaminação e os tratamentos da água de abastecimento público, assim como as consequências na saúde da exposição crónica ao arsénio. No último ponto, são apresentados alguns dos tratamentos realizados em casos de intoxicação por este metalóide.

Palavras-chave: Arsénio; Exposição ambiental; Tecnologias de remoção; Toxicidade; Carcinogenicidade.

Abstract

Arsenic is an element that is widely present in nature, contaminating water, air and food. Arsenic contaminating sources can be geological or a result of human activities. Nowadays, the chronic exposure to this element is becoming a worldwide problem, affecting more than 40 million people. The consumption of water contaminated with arsenic is potentially damaging for the skin and several systems of the human body, like nervous, respiratory, cardiovascular, hematopoietic, immunological, endocrine, hepatic, renal and reproductive systems. The WHO, in 1993, defined a restricted level ($10\mu\text{g/L}$) that can be present in the waters for human consumption. That definition was a result of a great number of toxicological and epidemiological studies, which highlight a potential carcinogenic action of some arsenic types. Therefore, the elimination of this element from water, is nowadays a priority. This resulted in the development and research of innovating technologies, which make removal more efficient and sustainable, allowing to obtain safer water for human consumption. This report aims to critically review the contamination causes and treatments of public water supply, as well as the health consequences to a chronic exposure to arsenic. Furthermore, some treatments in cases of intoxication by this metalloid are also presented.

Keywords: Arsenic; Environmental exposure; Removal technologies; Toxicity; Carcinogenicity.

I. Introdução

I.1 Arsénio, o elemento

O arsénio (do latim *arsenium*) é um elemento químico com símbolo **As** e com número atómico 33, ocupando o 20.º lugar em abundância na crosta terrestre, 14.º na água do mar e 12.º no corpo humano. É um semimetal encontrado no grupo 15 da tabela periódica sendo um sólido de coloração cinzenta metálica, embora esta forma não seja comum na natureza. Foi descoberto em 1250 dC pelo filósofo alquimista e cientista alemão, Albertus Magnus, e usado, antigamente, na medicina. Desde então, tem reunido vários usos, nomeadamente na agricultura, pecuária, eletrónica, indústria e metalúrgica.

Atualmente, é reconhecida a sua ação cancerígena, mesmo que consumido em baixas concentrações.¹

O As pode encontrar-se no meio ambiente, sob a sua forma elementar ou sob a forma composta. Ocorre em quatro estados de valência: -3 (arsina), 0 (arsénio), +3 (arsenito) e +5 (arsenato), destacando-se o arsenito quando o meio é redutor e o arsenato quando o meio é oxidante (meios oxigenados). O arsénio e os seus compostos possuem formas cristalinas, em pó, amorfas ou vítreas estando presentes essencialmente nas rochas, no solo, na água e no ar. Os compostos naturais de arsénio que ocorrem são, essencialmente, com: o ouro (As-Au) e a prata (As-Ag) nos filões de quartzo hidrotermais; o cobre, o níquel, o cobalto, o ferro e a prata em jazigos de sulfuretos maciços de cobre; o urânio (As-U) em depósitos de urânio; o cobre, o vanádio, o urânio e a prata em depósitos sedimentares e em rochas que contêm fosfatos (podendo atingir 1000 mg/Kg).²

O movimento deste elemento no ambiente depende fortemente do estado em que se encontra e do tipo de solo no qual está introduzido.

Uma vez que o arsénio possui afinidade pela fase sulfídrica (carater calcófilo), os minerais característicos deste são a arsenopirite (FeAsS) e o realgar (AsS), podendo também aparecer na forma de óxidos (arsenolite (As₂O₃)), arsenetos, entre outros.³

I.2 Principais usos

Desde a antiguidade que o arsénio é usado em diversas áreas desde a medicina, eletrónica, agricultura e metalúrgica.

Atualmente, os seus principais usos são como aditivo em ligas com chumbo e cobre, usados na fabricação de vidros de baixo ponto de fusão, na preservação da madeira, nas

munições, nas baterias, nas tintas, nos têxteis, entre outros. Também foi usado como medicamento, a solução de Fowler (solução de arsenito de potássio a 1%)⁴.

Comercialmente, é produzido com base em operações de fundição de metal, surgindo um subproduto, o As_2O_3 , o qual é reduzido a arsénio com recurso a carvão vegetal. Os depósitos de resíduos mineiros, a combustão de carvão, os efluentes de pocilgas e de aviários, os fertilizantes fosfatados, os herbicidas, os inseticidas e os fungicidas são as principais fontes de arsénio derivadas de atividades humanas.²

1.3 Contaminação das águas com arsénio

A água para consumo humano contaminada com arsénio é uma complicação que tem afetado de forma crescente a saúde pública. Esta contaminação ocorre devido ao frequente contacto entre a água e rochas ou solo, que possuem este elemento na sua constituição.

Sendo maioritariamente transportado pela água, o arsénio e os seus compostos assumem propriedades metálicas e não metálicas³. As águas possuem arsénio sob a forma de arsenato $As(V)$, presente em ambientes oxidantes, e sob a forma de arsenito $As(III)$, em meios hídricos anaeróbios^{3,5}.

O As pode encontrar-se distribuído na maior parte das rochas, associado aos minerais hospedeiros e, em maior expressão, associado a alguns tipos de mineralizações. O nível médio global estimado de arsénio no solo é de 5 mg/kg em superfície não poluída, em águas subterrâneas abaixo de 10 $\mu g/L$ e em mar aberto entre 1–2 $\mu g/L$ ⁶. Nas rochas originárias (ígneas) o valor médio ronda os 2 mg/kg, enquanto nas rochas sedimentares argilosas, a sua presença pode chegar a concentrações altíssimas, cerca de 900 mg/kg. Já as quartzosas (p.e. arenitos) são as que apresentam concentrações mais baixas, cerca de 4 mg/kg. As concentrações elevadas deste elemento em solos superficiais e em sedimentos argilosos comparativamente às rochas originárias podem ser justificadas pela introdução de arsénio através de fontes externas, tais como, poluição, utilização de pesticidas e herbicidas em tratamento agrícolas, entre outras.^{2,7}

A presença deste elemento nas águas subterrâneas provém de fontes naturais que resultam da interação água/rocha (ou solo), o qual está presente nos minérios de pirite e, consoante fatores biogeoquímicos, geotermiais ou geohidrológicos, se dissolvem na água.³ Relativamente às fontes de arsénio derivadas da intervenção do Homem, estas podem ser divididas em difusas e/ou pontuais. De entre as fontes difusas, destacam-se as resultantes de um processamento de minério (associado a cobre, ouro, níquel, chumbo e zinco), as provenientes da agricultura devido ao uso de pesticidas e herbicidas contendo arsénio, a

relativa proximidade de indústrias de vidro ou de centrais termoelétricas (queima de resíduos contendo arsénio) ou ainda resultantes da lixiviação de depósitos de resíduos perigosos³. As descargas industriais em rios, principalmente da indústria química, constituem uma das fontes pontuais.

Os compostos de arsénio interagem com o ambiente de acordo com a sua especificação, isto é, o comportamento do arsenato e do arsenito no solo difere consideravelmente. Na natureza, o As(V) surge sob a forma de H_3AsO_4 e os seus produtos de dissociação, já o As (III) expressa-se como H_3AsO_3 e os correspondentes produtos derivados, H_4AsO_3^+ , H_2AsO_3^- , HAsO_3^{2-} e AsO_3^{3-} , os quais estão dependentes do pH do meio. Nas águas subterrâneas, imperam pH's neutros, estando presentes as oxianíons pentavalentes, H_2AsO_4^- ou HAsO_4^{2-} , enquanto que o arsenito surge sob a forma H_3AsO_3 .²

Relativamente à sua toxicidade, esta propriedade está intimamente dependente do estado de valência do elemento. O arsénio (III)/arsenito, é mais móvel e mais tóxico do que o arsénio (V)/arsenato. Este elemento possui mobilidade em ambientes oxidantes, sendo esta característica muito mais baixa em ambientes redutores. Desta forma, as condições redox (potencial redox, Eh) e o pH do solo influenciam o estado de oxidação do arsénio e consequentemente afetam a sua mobilidade. Num pH de 5,8, o As(V) é mais móvel do que o As (III), mas quando o pH aumenta, a mobilidade do As (III) também aumenta.⁵

A fácil remoção do arsénio da água é uma característica deste elemento, dispersando-se com facilidade no sedimento. Deste modo, o arsénio atinge a sua concentração mais elevada em solos aluvionares ricos em matéria orgânica.⁷

1.3.1 No mundo

O arsénio é um elemento presente e amplamente distribuído na natureza. A sua presença em águas subterrâneas destinadas ao consumo humano é um problema ambiental e uma preocupação para a saúde pública, uma vez que a exposição a altos níveis de arsénio pode acarretar graves complicações para a saúde da população. Milhões de pessoas em vários países estão expostas a concentrações excessivas deste metal, devido à ingestão de água rica em arsénio.

O primeiro registo de contaminação por arsénio data de 1885. No final do século XX, foram evidenciados casos de arsenicose grave em 5 países, nomeadamente em Taiwan, China, Índia (West Bengal), Bangladesh e Tailândia. Já em 2006, foram encontrados, em cerca de 70 países, casos de concentrações de arsénio nas águas subterrâneas acima de 10 $\mu\text{g/L}$ (valor máximo admissível para águas de consumo humano^{8,9}). Contudo, a maioria dos países

subdesenvolvidos ainda se rege pela concentração de 50 µg/L, valor da versão antiga da OMS⁹. Somente uma minoria dos países restringiu o valor admissível de arsénio na água potável. Por exemplo, os EUA e a Austrália, que restringiram para 5 e 7 µg/L, respetivamente.

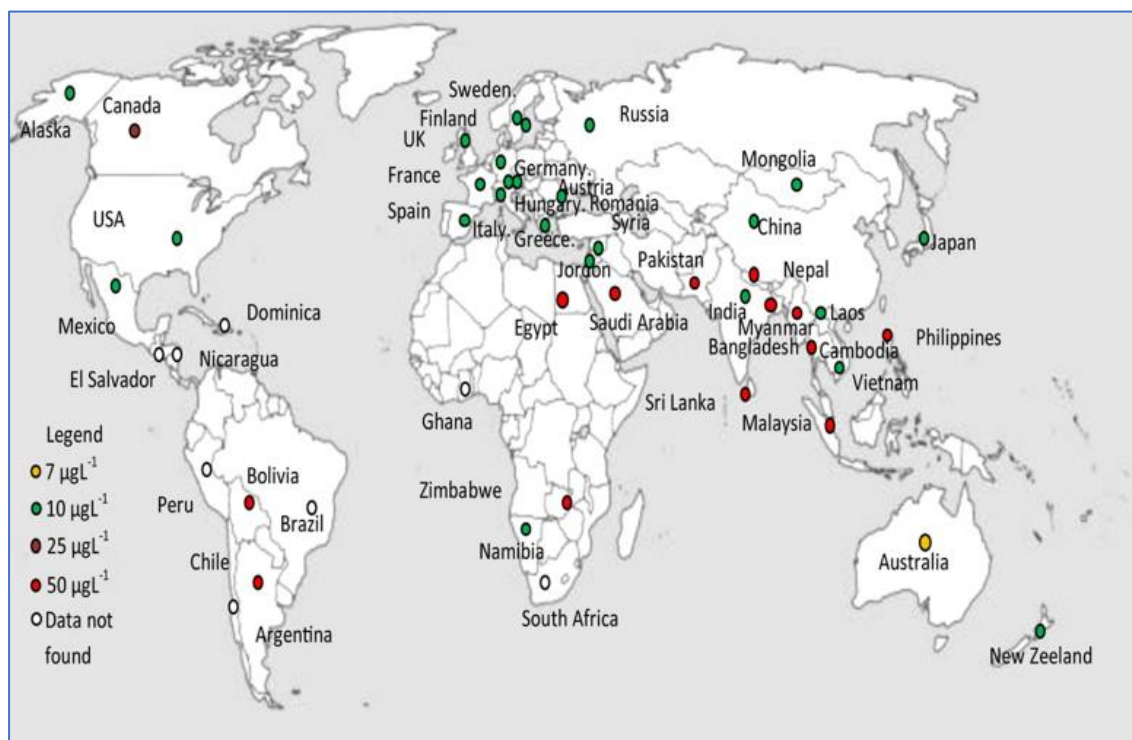


Figura 1 - Países afetados e a respetiva concentração máxima de arsénio (Fonte: Ref. 10)

Presentemente, acredita-se que 296 milhões de pessoas estejam expostas a altas concentrações de arsénio devido ao consumo de água, cozinhados e alimentos contaminados^{6,10}. Os países asiáticos são os mais problemáticos, com quase 59% (33 de 56) dos países a apresentarem problemas de contaminação por arsénio nas águas subterrâneas, sendo a Índia, o Paquistão e o Bangladesh os mais afetados e alvo de vários estudos em relação a este problema. Cerca de 70 milhões de habitantes na Índia estão potencialmente expostos ao arsénio através da água potável, seguindo-se o Paquistão com 60 milhões de pessoas e o Bangladesh com 57 milhões de indivíduos na mesma situação. Chakraborti *et al.*, 2010^{10,11} refere que 92% dos distritos do Bangladesh estão contaminados com arsénio acima de 10 µg/L, sendo que cerca de 40 milhões de pessoas utilizam água com níveis de arsénio superiores a 50 µg/L e mais de 5,6 milhões de pessoas estão expostas a uma concentração superior a 200 µg/L deste metal¹². Estudos de Chakraborti *et al.*, 2010^{10,11} também mostram que, no Bangladesh, a percentagem de poços com concentrações de arsénio acima de 10 µg/L, 50 µg/L e 300 µg/L são 42,1%, 27,2% e 7,5%, respetivamente.

Os estudos que incluem a associação deste metal com o aparecimento de cancro nos indivíduos expostos têm recebido um grande destaque. Smith *et al.*, 2000 afirmara que, ao longo dos anos, cerca de 200 mil a 270 mil pessoas morreram vítimas de cancro no Bangladesh^{13,10} e a UNICEF, 2013 estima que mais de 40 mil pessoas sofrem de arsenicoses agudas^{12,10}. Atualmente, na Índia, ocorre uma situação idêntica, em que 26 milhões de pessoas estão potencialmente em risco de beber água contaminada com arsénio (acima de 10 µg/L)¹⁰. O continente Africano é também significativamente afetado pela contaminação de arsénio na água. Ahoulé *et al.*, 2015 referenciou que os níveis de arsénio nas águas subterrâneas africanas variam entre 0,02 µg/L a 1760 µg/L¹⁰.

Em suma, os países mais afetados por esta situação ainda não reduziram os seus níveis de concentração máxima de arsénio, atualizada pela OMS, de 50 µg/L para 10 µg/L^{8,9}, sendo eles o Bangladesh e outros países moderadamente afetados como, Argentina, Barém, Bolívia, Brasil, Chile, China, Croácia, Equador, Egito, Gana, Nepal, Paquistão, Tailândia e Vietname.¹⁰

1.3.2 Em Portugal

Em Portugal, existe uma Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), à qual compete garantir a qualidade da água destinada ao consumo humano, ou seja, garante o cumprimento da legislação com a finalidade de que a qualidade da água seja a mais adequada na torneira dos consumidores. A ERSAR procede à aprovação de programas de controlo da qualidade da água que cada entidade gestora redige anualmente, fiscalizando também as próprias entidades gestoras.¹⁴

Apesar de, atualmente, o controlo da água de consumo ser bastante rígido, este facto não impede que outros fatores contribuam para o aparecimento de contaminantes, incluindo o arsénio, nas águas subterrâneas e superficiais que são posteriormente usadas para o consumo humano. Um dos fatores que contribui significativamente para esta situação é a existência de depósitos de resíduos, resultantes de antigas explorações mineiras.

Ao longo de vários anos, a indústria mineira era uma das mais importantes atividades económicas em Portugal¹⁵. A cessação desta atividade resultou numa acumulação de elevadas quantidades de materiais rejeitados, sem qualquer plano de recuperação ambiental implementado¹⁶. Localizando-se frequentemente em ambientes rurais, estas minas constituem um veículo de contaminação das águas utilizadas na agricultura ou consumo humano, que não possuem quaisquer avaliações de potenciais riscos ambientais e para a saúde humana¹⁵. Deste modo, o arsénio pode ser incluído nas águas subterrâneas, alterando a sua qualidade, devido à passagem de água superficial pelos depósitos de resíduos que solubiliza este tipo de metais¹⁶.

Estudos realizados propõem padrões de distribuição espacial de arsénio em águas subterrâneas de uma bacia hidrográfica transfronteiriça do rio Águeda. Antunes *et al.*, 2015 refere que os teores de arsénio mais elevados ocorrem na parte central da bacia hidrográfica, que coincide com as atividades mineiras de sulfuretos metálicos e minerais de urânio, existentes nessa região.¹⁶ Estes resultados definem as atividades mineiras abandonadas como potenciais riscos ambientais¹⁶. Antunes e Albuquerque, 2014 relataram que na região de Segura (Idanha-a-Nova, centro de Portugal), o teor mais elevado de arsénio encontrado em dezembro de 1996 está associado às mineralizações de sulfuretos metálicos que ali decorreram entre 1942-1953.¹⁵ A oxidação e dissolução de arsenopirite, presente na região de Segura, promove a libertação de arsénio e a sua conseqüente dispersão nas águas da região.¹⁵

Outro estudo datado de 2007, refere que em algumas aldeias no norte de Portugal, no concelho de Vila Real, os níveis de arsénio na água de abastecimento público excediam o valor máximo admissível (VMA) por lei¹⁷. Neste estudo, foram efetuadas análises às águas de abastecimento reportadas como problemáticas, registando-se valores de arsénio entre <10 e 28 µg/L¹⁷. Silva *et al.*, 2007 confirmou a existência de concentrações na ordem dos 28 µg/L, numa captação de água de Rebordolongo¹⁷. Esta contaminação com arsénio, prende-se com o facto de esta localidade se situar próxima de uma antiga exploração mineira de volfrâmio. A presença de filões de quartzo mineralizado está associada à existência de sulfuretos, sendo a arsenopirite abundante.¹⁷

Pinto, 2009, refere que na região de Vila Flor (norte de Portugal), no ano de 2009, as águas subterrâneas apresentavam teores elevados de arsénio, sendo 6 a 63 vezes superiores aos 10 µg/L fixado por lei como sendo o valor admissível para água de consumo humano.¹⁸ A espécie mais abundante em solução era H_2AsO_4^- (As (V)), estando associado maioritariamente a óxidos e hidróxidos de Fe e pontualmente a sulfuretos.¹⁸ Já na zona de Baião (norte de Portugal), a concentração de arsénio presente nas águas subterrâneas é cerca de três vezes superior a 10 µg/L (Decreto-Lei nº 243/2001), sendo também a espécie H_2AsO_4^- (As (V)) a mais abundante. Pinto, 2009, afirma que o teor de arsénio nas águas subterrâneas tende a aumentar.¹⁸

Na região de Arouca, mais precisamente na área mineira de Regoufe, Sara Sousa, 2016¹⁹ estudou a presença de contaminantes no solo e nas águas superficiais. A mina de Regoufe foi alvo de uma intensa exploração mineira de volfrâmio, durante a 2.ª Guerra Mundial. Ao longo da década de 70, esta mina cessou a sua atividade, deixando resíduos a céu aberto sem qualquer plano de recuperação ambiental. Os resíduos mineiros encontram-se expostos às condições atmosféricas, resultando na sua dispersão pelas águas e pelo vento para as áreas

envolventes e, conseqüentemente, contaminando águas usadas pelas populações. Sara Sousa, 2016¹⁹ analisou os elementos potencialmente tóxicos existentes naquela região, incluindo o arsénio e verificou que este elemento apresentava teores 233 e 512 vezes mais que o limite, para que o solo seja considerado não contaminado.¹⁹

Outro fator que colabora para a presença de contaminantes nas águas de consumo é o insuficiente acesso a sistemas de abastecimento de água e o tratamento das águas residuais. Em Marco de Canaveses, o acesso da população ao sistema de abastecimento e a cobertura de toda a cidade com água de abastecimento público constitui, desde há algumas décadas, um problema. Nesta cidade, as Águas do Marco, S.A., entidade gestora do sistema de abastecimento público, gere, atualmente, 16 sistemas independentes, sendo que a taxa de cobertura dos sistemas de abastecimento de água ainda é bastante reduzida.²⁰ Devido a este problema, o consumo de água proveniente de captações próprias (poços), principalmente nas freguesias mais afastadas do centro da cidade, é frequente. Adicionalmente, a existência de fossas sépticas instaladas relativamente próximas a estas captações, promove a contaminação de águas subterrâneas.

Em meados do ano 2018, foi noticiado, através dos órgãos de comunicação social, um elevado teor de arsénio num dos furos de água que fornecem a rede pública da freguesia de Santo Isidoro e Livração, no Marco de Canaveses, levando a respetiva junta de freguesia a efetuar análises cujos resultados indicavam ligeiras discrepâncias face aos valores legais, limitando o consumo humano. Rumores da população residente nas habitações abastecidas por aquele furo, associaram a elevada concentração de arsénio presente na água de consumo com a elevada incidência de casos de cancro existentes naquela região.

Tabela 3 – Ocorrência de arsénio em Portugal

Data	Região	Teores de arsénio	Fonte	Observações	Referências
1996	Idanha-a-Nova, Castelo Branco	----- -----	Mineralizações de sulfuretos metálicos que ali decorreram entre 1942-1953	-----	15
2007	Vila Real	entre <10 e 28µg/L	Antiga exploração mineira de volfrâmio	Captação de água de Rebordolongo: concentrações na ordem dos 28 µg/L	17
2009	Vila Flor, Bragança	6 a 63 vezes superiores aos 10 µg/L	Formação Filito-Quartzítica com a presença de arsenopirite	-----	18
2009	Baião, Porto	cerca de três vezes superior a 10 µg/L	Granitos, dissolução dos óxidos de Mn que apresentam arsénio associado, resíduo silicatado, minerais de argila e óxidos de Fe	-----	18
2015	Águeda, Aveiro		Atividades mineiras de sulfuretos metálicos e minerais de urânio	-----	16
2016	Arouca, Aveiro	233 e 512 vezes superior a 10 µg/L	Área mineira de Regoufe, exploração mineira de volfrâmio	-----	19
2018	Marco de Canaveses, Porto	----- ---	Existência de fossas sépticas instaladas relativamente próximas a captações próprias (poços)	Associação da elevada concentração de arsénio presente na água de consumo com a elevada incidência de casos de cancro existentes naquela região	-----

2. Água e sistemas de abastecimento público

Devido às suas propriedades físico-químicas a água presente na natureza não se encontra no seu estado puro. A sua constituição apresenta substâncias intrínsecas, em solução ou suspensão, que prejudicam a sua eventual utilidade e conseqüentemente, a saúde pública

Atualmente, tem-se vindo a verificar uma crescente dificuldade no acesso aos recursos hídricos, sendo a insuficiência de água doce uma problemática, quer em termos quantitativos quer qualitativos²¹, sendo que Ongley, 1993 considera que a qualidade da água doce se tornará o principal entrave ao desenvolvimento sustentável em muitos países, neste século²².

A organização Mundial de Saúde (OMS) define a água de consumo humano como aquela que durante o seu consumo não representa risco significativo para a saúde²³ e o Decreto-Lei n.º 152/2017 que procede à segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto, alterado pelo Decreto-Lei n.º 92/2010, de 26 de julho, estabelece o regime da qualidade da água para consumo humano, tendo por objetivo proteger a saúde humana dos efeitos nocivos resultantes da eventual contaminação dessa água e assegurar a disponibilização tendencialmente universal de água salubre, limpa e equilibrada na sua composição.²⁴

A contaminação da água de consumo humano pode levar à manifestação de doenças que constituem uma elevada responsabilidade e importância para a saúde pública.²⁵

A água potável própria para consumo chega à população após um tratamento prévio, proveniente de águas superficiais (captadas em rios, lagos e albufeiras) ou subterrâneas. Este tratamento tem por objetivo assegurar que esta não representa qualquer risco para a saúde humana, risco este, resultante da contaminação microbiológica, química ou física.

Os sistemas de abastecimento público englobam os equipamentos e infraestruturas, desde a captação da água até à sua distribuição. O tratamento da água, onde são retificadas as suas propriedades físicas, químicas e microbiológicas, está integrado num conjunto de processos que a preparam para a sua distribuição.

Estes sistemas de abastecimento podem dividir-se por fases: **captação, tratamento, adução, armazenamento e distribuição.**

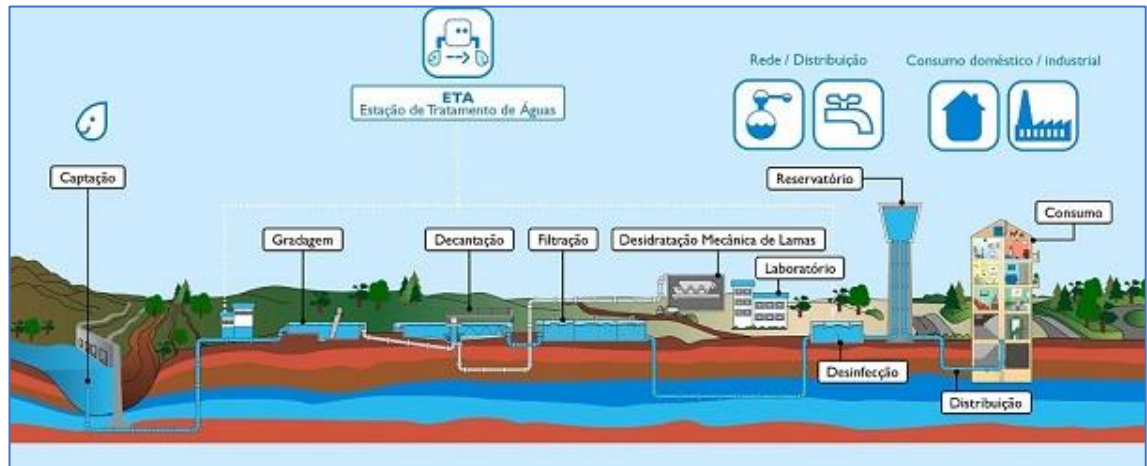


Figura 2 - Esquema de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) (Fonte: Ref. 52)



Figura 3 - Processos do sistema de abastecimento de água (Adaptado de ref. 53)

É na fase de tratamento que é realizado o controlo das características organoléticas, isto é, cor da água, cheiros e sabores, assim como o controlo de microrganismos patogénicos e substâncias químicas perigosas. Nesta fase, são realizados, sucessivamente, os processos de pré-oxidação, ajuste do pH, coagulação, floculação, decantação e filtração e é na primeira etapa que se verifica o processo de oxidação de iões, nomeadamente arsénio e outros, para a sua posterior remoção por diversos métodos.²¹

Em Portugal, o arsénio presente nas águas de consumo humano é controlado por inúmeros métodos, sendo este controlo da responsabilidade da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR).¹⁴

3. Tecnologias de remoção de arsénio

A presença de arsénio na água que chega à torneira dos consumidores é uma problemática crescente que levanta preocupações em termos de saúde pública. A potencial ação cancerígena de algumas espécies deste elemento, presente em concentrações elevadas nas águas, levou a OMS a restringir o valor guia de arsénio como forma de garantir a qualidade das águas destinadas ao consumo humano. Assim, a prevenção primária da exposição da população a este elemento passa pela remoção do arsénio da água, com recurso a tecnologias de remoção adequadas.

As técnicas de remoção de arsénio das águas de abastecimento público, efetuadas pelas Estações de Tratamento de Água (ETA) durante a fase de tratamento da água, têm por base processos físico-químicos básicos e restritos, tais como, reações de oxidação-redução, coagulação, precipitação, adsorção, permuta iónica e filtração por membranas.¹⁰

Tabela 4 - Métodos de tratamento de arsénio (Adaptado de ref. 10)

Métodos de tratamento de Arsénio (As)	Oxidação	Química
		Microbiológica
	Coagulação-floculação	
	Amaciamento com cal	
	Adsorção	Carvão ativado Alumínio ativado Hidróxido de ferro (granular)
	Biossorção	
	Troca iónica	
	Processos de membrana	Alta pressão Baixa pressão
	Tratamento com Bio-organismos	Procariotas Eucariotas Macrófitos aquáticos
	Eletrocoagulação	

Nas ETA, são utilizadas para a remoção de arsénio proveniente de águas subterrâneas e superficiais praticamente todas as técnicas. No entanto, estas técnicas apresentam alguns entraves, uma vez que: incorporam produtos químicos na água, produzem lamas com grandes quantidades de arsénio, alguns iões (p.ex. sulfatos) que podem prejudicar a eficiência da remoção do arsénio; poderão ser necessários tratamentos complementares e ainda, possuem elevados custos de instalação e operação e por vezes com baixa eficiência.¹⁰

De entre as técnicas mais eficientes, destaca-se a adsorção com carbonatos de alumínio ($\geq 95\%$ de eficiência), sendo, adicionalmente, a menos dispendiosa. A coagulação-filtração e o amaciamento com adição de cal são métodos menos dispendiosos, mas com menor eficiência ($< 90\%$).¹⁰

3.1 Oxidação química

Como o As (III) é uma das formas predominantes nas águas subterrâneas, a pré-oxidação seguida de adsorção é considerada um método eficaz para remoção de arsénio¹⁰. Segundo Masscheleyn *et al.*, 1991 o objetivo da oxidação é converter As (III) em As (V), para posterior precipitação, uma vez que o As (V) é menos móvel e é adsorvido mais facilmente nas superfícies^{26,10}. Neste processo são usados oxidantes, tais como, ozono, peróxido de

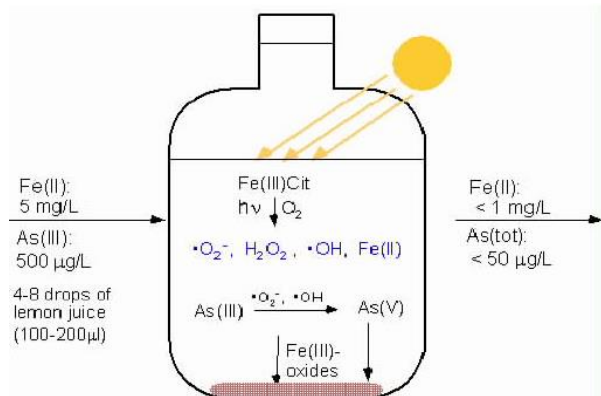
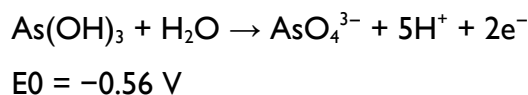


Figura 4 - Princípio básico do processo SORAS: foto-oxidação do AS (III) e precipitação do As (V) (Fonte: Ref. 50)

hidrogénio, permanganato, cloro e reagentes do tipo Fenton (solução de peróxido de hidrogénio e um catalisador de ferro). Outra opção para a oxidação de As (III) em As (V) é a utilização da radiação UV com um absorvente adequado (exemplo: TiO₂). As concentrações de As (III) e o oxidante, são os fatores determinantes para a remoção de arsénio das águas naturais, uma vez que estas reações seguem uma cinética de primeira ordem em relação a estes fatores.¹⁰

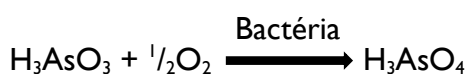
A oxidação de As (III) a As (V) ocorre numa ampla faixa de pH e segue a seguinte reação:¹⁰

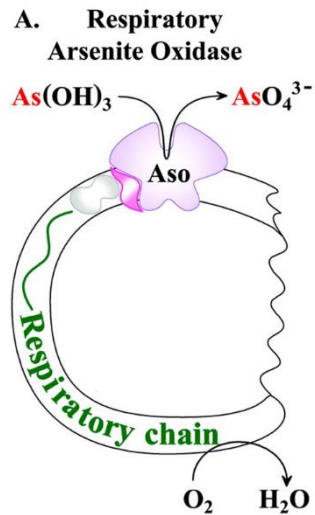


3.2 Oxidação microbológica

Clark *et al.*, 1918 expuseram pela primeira vez a oxidação bacteriana de As (III) para As (V)^{10,27}, uma vez que existe uma variedade de organismos microbológicos na natureza capazes de oxidar as espécies de As (III).¹⁰

Em 2004, Katsoyiannis e Zouboulis referiram que, com a intervenção do oxigénio, as bactérias oxidantes do arsenito transformam As (III) em As (V), segundo a equação:^{10,28}





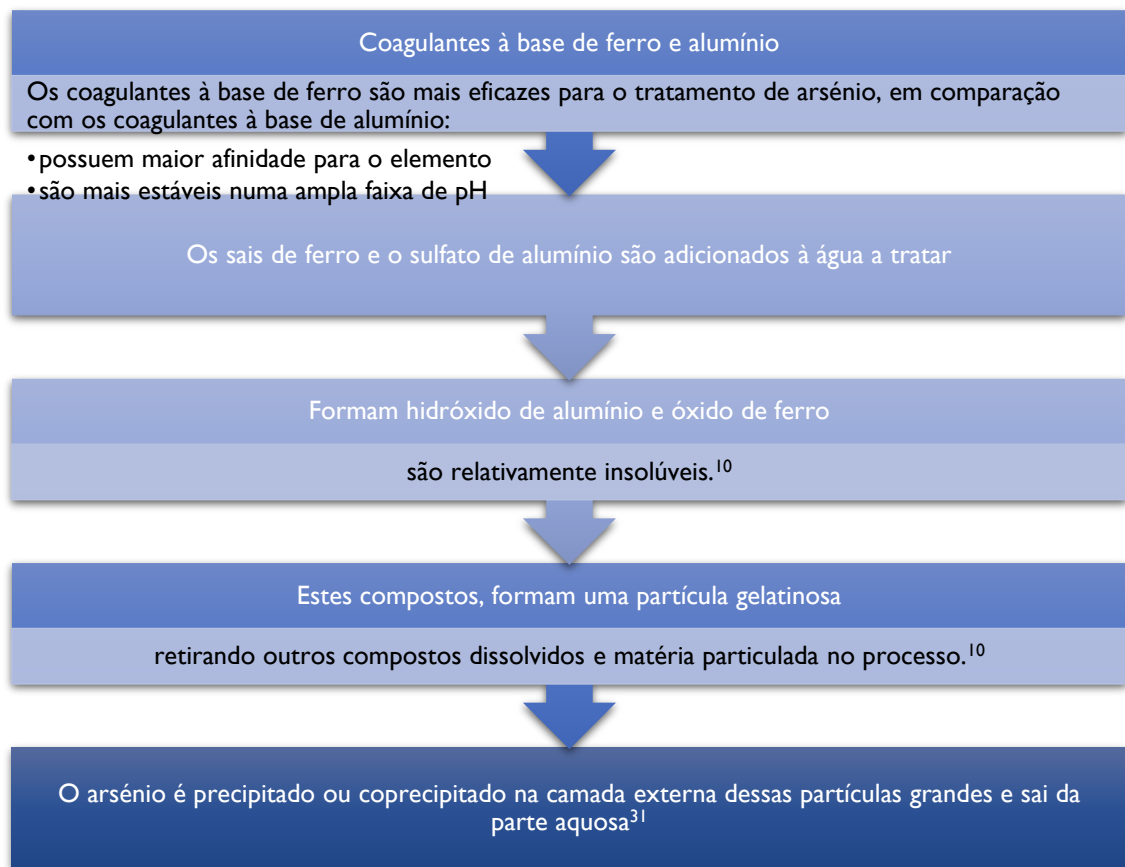
Uma vez que a patogenicidade dos microrganismos, é um dos parâmetros mais importantes da seleção das espécies para a remoção de arsénio das águas, torna-se quase nulo o número de espécies de bactérias, presentes no meio ambiente, passíveis de ser usadas em água potável.¹⁰ Battaglia-Brunet *et al.*, 2002 referenciaram que uma mistura de bactérias constituída por *Thiomonas* e *Ralstonia pickettii* era capaz de oxidar As (III) a As (V).^{10,29} Para além disso, as bactérias tornam mais fácil a adsorção e a remoção do arsénio da água contaminada.^{10,28}

Figura 5 - Enzima responsável pela oxidação do arsenito, As (III), a arsenato, As (V) (Fonte: Ref. 53)

3.3 Coagulação-floculação

Esta técnica tem por objetivo a formação de flocos que são posteriormente removidos, adicionando um coagulante adequado à água a tratar de forma a precipitar um metal.¹⁰

Segundo Choong *et al.* 2007, os coagulantes catiónicos com carga positiva minimizam os coloides carregados negativamente e formam partículas maiores que precipitam mais facilmente.³⁰ No caso do arsénio, este também pode ser precipitado em água pela adição de coagulantes e floculantes, seguido de um processo de filtração adequado para a remoção das partículas precipitadas.¹⁰



A espécie de arsénio pentavalente é mais eficazmente removida do que o As (III), sob condições semelhantes. Assim, como o As (III) é a espécie dominante na água, deve proceder-se a uma pré-oxidação a As (V). Caso não seja possível, devem utilizar-se sais de ferro, pois estes removem As (III) mais eficientemente do que os sais de alumínio.²¹

A poluição secundária, gerada pela acumulação de resíduo na base dos reservatórios como resultado da adição de alta dose de coagulante, constitui um entrave para a aplicação desta técnica.¹⁰

3.4 Amaciamento com cal

Este processo, é frequentemente usado para remover a dureza magnésiana e cálcica, da água, sendo também possível, através desta técnica, reduzir as concentrações de arsénio na água.²¹

Fatores determinantes: pH; a presença de cloretos; presença de carbonatos (para pH de 10-10,5) e de ortofosfatos (para pH > 12).²¹

Para a remoção de arsénio ser otimizada, é necessário realizar uma pré-oxidação de As (III) a As (V) (pH ótimo entre 10,5-11) uma vez que este último é removido

mais facilmente. No entanto, o processo depende fortemente do pH da solução.²¹

Desvantagens: uso de vários compostos químicos (oxidante, cal e dióxido de carbono para acertar o pH após o amaciamento); grande acumulação de elevados volumes de lamas resultantes do processo.²²

3.5 Adsorção

Segundo Sarkar e Paul, 2016 a adsorção é um processo em que gases ou substâncias dissolvidas são retidos por superfícies sólidas ou líquidas através de interações físicas e/ou químicas.³¹ Geralmente o gás ou outras substâncias dissolvidas são adsorvidos na camada superficial de um sólido ou líquido pela força fraca de Van der Waal.

No caso específico do arsénio, o mecanismo básico passa por:

- Ligação deste à superfície externa do adsorvente estabelecendo forças de Van der Waal.
- Separação da solução por filtração ou outro processo de separação.

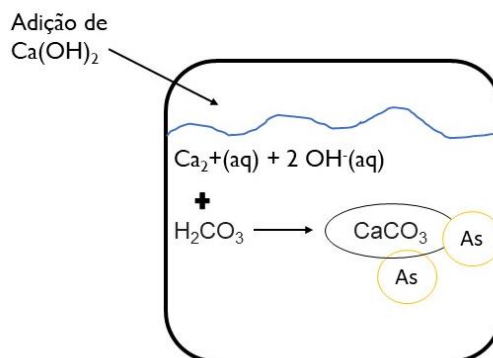
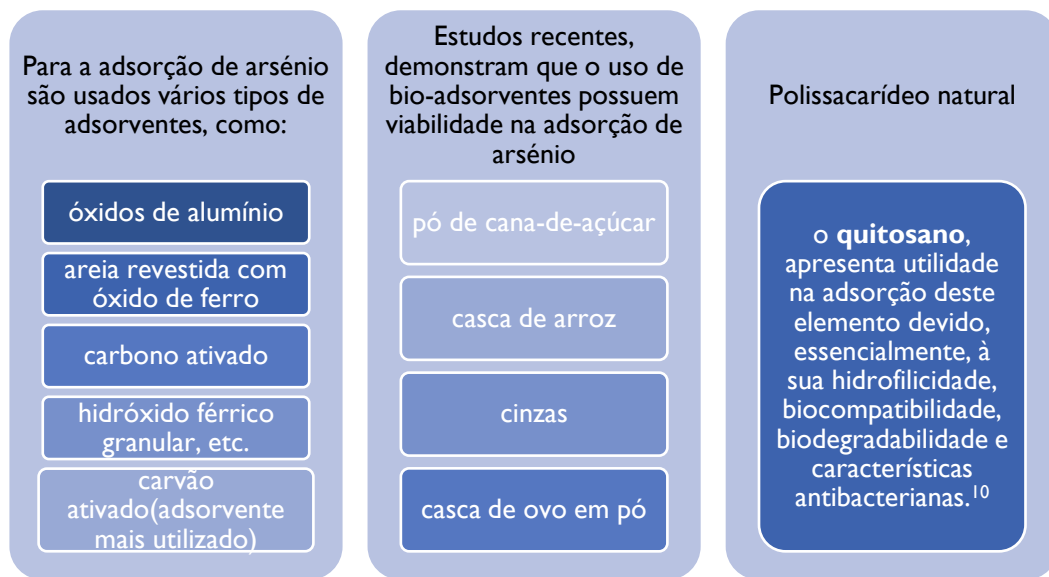


Figura 6 - Este método baseia-se na (1) adição de cal (hidróxido de cálcio); (2) hidrólise; (3) combina-se com ácido carbónico e bicarbonatos; (4) aparecimento de carbonato de cálcio; (5) Este composto age como um agente de sorção na remoção de arsénio.

Tabela 5 - Tipos de adsorventes relevantes para a adsorção de arsénio.¹⁰



Fatores determinantes: pH da solução; concentração de arsénio em solução; temperatura e a interação com outros iões em solução.¹⁰

Vantagens: destaca-se pela sua simplicidade, eficiência e por ser pouco dispendiosa.¹⁰

3.6 Bioissorção

Este processo baseia-se na sorção de compostos de arsénio por microrganismos, e pode dividir-se em dois procedimentos:

- os microrganismos adsorvem diretamente os compostos de arsénio;
- os compostos de arsénio são adsorvidos por subprodutos resultantes desses microrganismos.¹⁰

Os microrganismos, desempenham um papel vital no processo de sorção de compostos de arsénio. Assim, diferentes biomassas anaeróbicas ou fúngicas podem adsorver arsénio à sua superfície.¹⁰

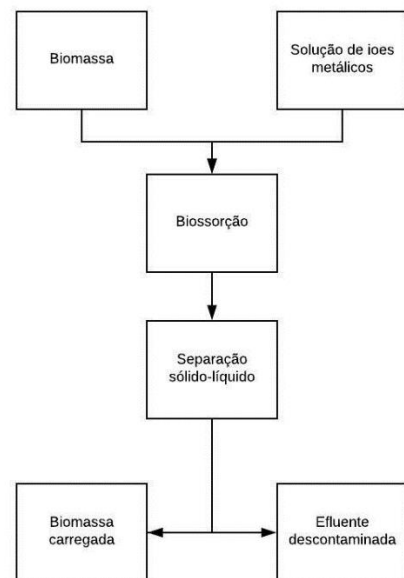


Figura 7 - Diagrama esquemático de um processo de bioissorção.

Estes mecanismos de sorção têm por base interações físico-químicas, uma vez que os metais formam complexos estáveis com polissacarídeos, lípidos e proteínas, constituintes da parede celular, fixando-se.³²

Diversos bioissorventes, têm sido utilizados para a remoção de As (III) e As (V) em soluções aquosas:

- *Lactobacilos acidophilus* para remoção de As (III),
- *Staphylococcus xylosus* tratado com Fe (III) para adsorção de As (V)
- subproduto de *Acidithiobacillus ferrooxidans* que remove As (III) na faixa de pH 7-10.¹⁰

3.7 Troca iónica

A troca iónica define-se como uma permuta de iões entre uma solução eletrolítica e um complexo ou entre dois eléctrodos. É uma técnica usada para purificar, separar ou descontaminar soluções aquosas.¹⁰ São usados neste processo alguns trocadores iónicos típicos (aniónicos ou catiónicos), como é o caso das resinas aniónicas (polímero funcional poroso).

Aqui, os grupos funcionais aniónicos da resina permutam facilmente com as espécies oxi-aniónicas do arsenato ($(\text{H}_2\text{AsO}_4^{1-}, \text{HAsO}_4^{2-} \text{ e } \text{AsO}_4^{3-})$),

resultando numa redução da concentração de As (V). Em relação ao arsenito, este não permite a

ocorrência de troca iónica uma vez que se

encontra como molécula neutra, sendo então necessário proceder-se a uma pré-oxidação de As (III) a As (V). Adicionalmente, sendo o cloro mais facilmente permutado com o arsénio, é frequente fazer-se uma pré-lavagem das resinas com ácido clorídrico (HCL). No entanto, este pré-tratamento resulta num meio com grandes concentrações de cloreto sendo necessário proceder-se a um tratamento secundário, o qual aumenta os custos do método, constituindo uma desvantagem.³²

Fatores determinantes: pH; presença de iões competidores; qualidade tipo de resina; concentração de arsénio; tamanho de partícula; adsorvente usado; temperatura; etc.

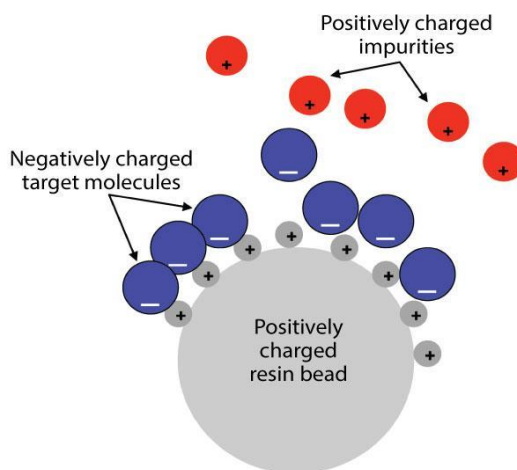


Figura 8 - Troca iónica promovida por resinas (Fonte: Journal of Validation Technology)

A presença de iões SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- , devido à sua alta afinidade com as resinas, dificultam o processo de remoção do arsénio.¹⁰ Contudo, em 2004, Dambies sugeriu que a interferência de outros iões pode ser eliminada com recurso a polímeros carregados de metal, podendo estes remover tanto o As (III) quanto o As (V).¹⁰ LeMire *et al.*, 2010 também referiu que resinas impregnadas com ferro são outra alternativa para remover As (V) considerando os fatores determinantes acima referidos.¹⁰

Desvantagens: limitada a tratamentos de pequena e média escala, uma vez que os custos associados aos processos são elevados; prolongados tempos de contacto com a fase líquida; processo de regeneração das resinas moroso; necessário tratamento secundário.³²

3.8 Retenção por membranas

O método de retenção por membranas para o tratamento de águas de consumo constitui uma tecnologia promissora para a remoção de arsénio, tanto em compostos orgânicos como inorgânicos. Esta técnica constitui um processo no qual um ião específico é facilmente removido com recurso a membranas com bilhões de poros, que atuam como barreiras seletivas. Este processo compreende uma força motriz, como um diferencial de pressão ou de potencial.¹⁰

A filtração por membrana por pressão pode distinguir-se em dois tipos:

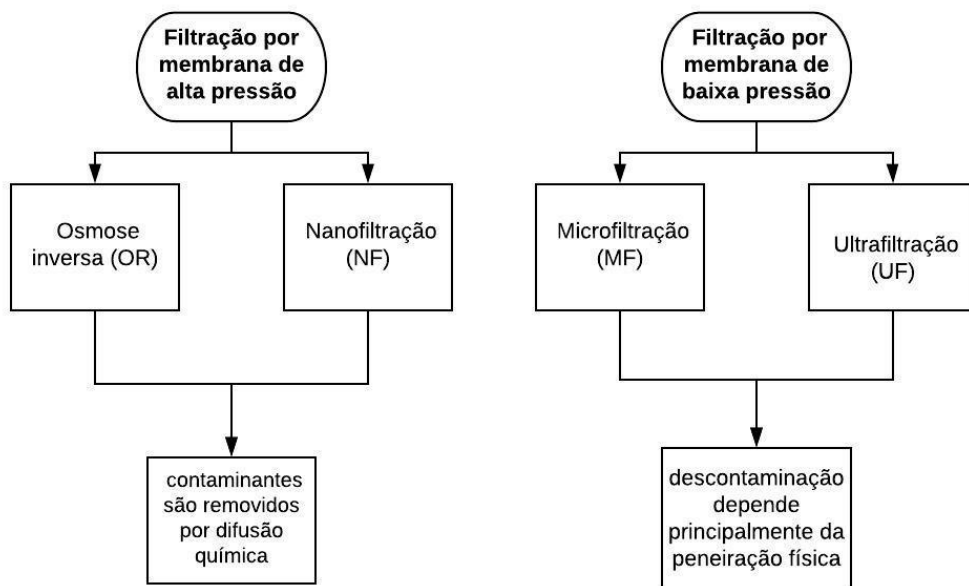


Figura 9 - Tipos de filtração por membranas³³

A osmose reversa (OR), é vista como um dos processos mais eficazes de remoção de arsénio da água. Este processo, compreende uma pressão osmótica muito alta e uma baixa taxa de difusão da água através da membrana. Segundo estudos de Kang et al., 2000, o pH e o tipo de membrana (poliamida e álcool polivinílico), constituem parâmetros chave para o desempenho do processo de osmose reversa e a conseqüente remoção de As (III) e As (V).¹⁰

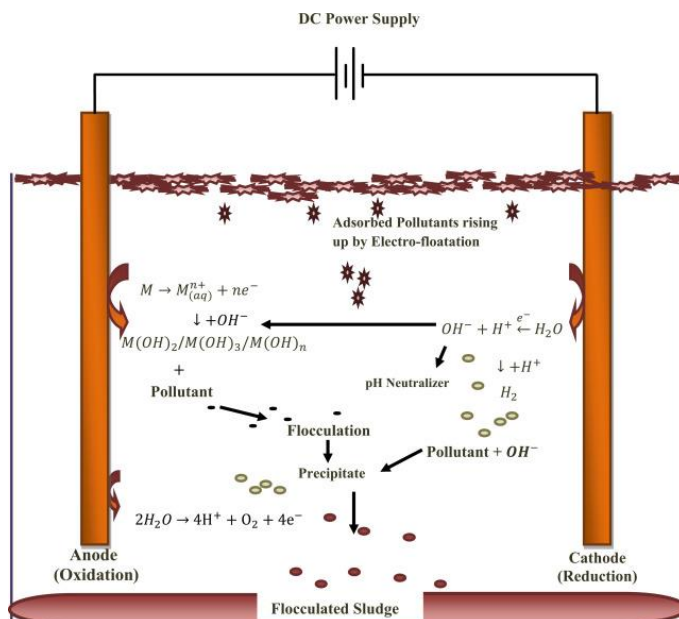
A microfiltração (MF) e ultrafiltração (UF), são processos de filtração por membrana de baixa pressão, os quais removem arsénio sob a forma de partículas devido ao tamanho dos poros das membranas. Este processo, é previamente afetado por um procedimento de coagulação-floculação, com o objetivo de aumentar o peso molecular das partículas, uma vez que o arsénio, presente nas águas, é demasiado pequeno para atravessar as membranas¹⁰. Han et al., 2002 referiram que para aumentar a eficiência de remoção de arsénio, era preciso utilizar cloreto férrico ou sulfato férrico como adsorventes, seguido pela microfiltração.^{10,34}

Vantagens: Técnicas altamente eficientes.

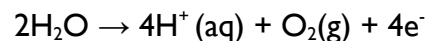
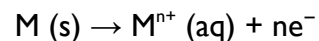
Desvantagens: elevados custos de investimento; necessidade do tratamento a altas pressões e realização de pré-tratamento da água.¹⁰

3.9 Eletrocoagulação

Esta técnica apresenta-se como aceitável e promissora, em comparação com outras tecnologias convencionais, e é um processo de separação de contaminantes eficaz no tratamento de águas de consumo.¹⁰



No ânodo:



No cátodo:

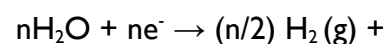


Figura 10 - Mecanismo de remoção por eletrocoagulação
 (Fonte: Ref. 53)

Este método, baseia-se na descontaminação da água fazendo passar uma corrente elétrica através de dois elétrodos, destabilizando a solução e coagulando os contaminantes. São introduzidos na solução dois elétrodos, um ânodo e um cátodo que podem ser constituídos por ferro, alumínio ou zinco (dependo das características do contaminante). No caso do arsénio, estes são, geralmente, constituídos por ferro. No ânodo, o metal dissocia-se formando iões di ou trivalentes, enquanto que no cátodo a água dissocia-se gerando iões hidróxido e H₂ gasoso.

Posteriormente, os iões gerados combinam-se com os iões hidróxido dissociados da água, formando hidratos de metal (óxidos) dos metais do ânodo. Estes adsorvem à sua superfície o arsénio, particularmente as espécies de As (V), formando flocos. Por outro lado, o hidrogénio proveniente do cátodo e o oxigénio gerado no ânodo permitem que os flocos se movam da parte inferior para a parte superior do reator, impedindo a auto-sedimentação dos flocos.¹⁰

Finalmente, é adicionado coagulante à solução com o objetivo de formar flocos ainda maiores, que são separados, posteriormente, por métodos gravitacionais.¹⁰

Vantagens: os adsorventes são conseguidos dentro do sistema do reator, a exigência de coagulantes é mínima, os custos de operação são relativamente baixos, a produção de lodo é reduzida, é uma operação sustentável em ambientes rurais, entre outras.¹⁰ Além de tratar a água contaminada com arsénio, esta técnica também se mostrou capaz de remover turbidez, dureza, fosfatos, fluoretos, cobre, mercúrio, chumbo, entre outros.¹⁰

4. Exposição ao arsénio: implicações na saúde humana

Segundo a OMS, a exposição prolongada de arsénio em humanos constitui uma doença crónica, denominada Arsenicose.³⁵

Na natureza, podemos encontrar arsénio inorgânico, que inclui os arsenitos, os arsenatos e o arsénio elementar, ou arsénio orgânico que inclui a arsina gasosa e os seus derivados orgânicos. Contudo, pode ocorrer conversão de arsénio orgânico para inorgânico e vice-versa, no organismo.³⁶

As lesões cutâneas são as principais manifestações que mais se associam à exposição crónica de arsénio, devido à sua especificidade diagnóstica.³⁷

Vários estudos, principalmente epidemiológicos, referem que a exposição crónica ao arsénio afeta negativamente o sistema de vários órgãos do corpo humano³⁷, podendo levar à

gênese de tumores em várias partes do corpo, tais como pele, bexiga, rins, pulmões e fígado e provocando também complicações neurológicas e circulatórias.³⁸

As principais vias de exposição crónica ao arsénio são: a ingestão, a inalação ou a via percutânea. A sua distribuição é rápida, uma vez que este se liga à porção globina da hemoglobina, nos eritrócitos.³⁹ Após integração nos eritrócitos, a sua redistribuição para outros órgãos ocorre em aproximadamente 24h, chegando ao fígado, rins, pulmões, baço e trato gastrointestinal.

A respiração celular é afetada pelo arsénio em grande quantidade, uma vez que este pode inibir enzimas mitocondriais e enzimas celulares contendo grupos tióis, causando uma interrupção na fosforilação oxidativa. Pode também bloquear algumas etapas do ciclo de Krebs.³⁷

Já o mecanismo de toxicidade da arsina (AsH_3) gasosa é diferente. Esta fixa-se no eritrócito num estado não volátil, ocorrendo hemólise rápida e muitas vezes grave.³⁶

A alta afinidade do arsénio trivalente pelos grupos sulfídricos de muitas biomoléculas, traduz a sua potencial toxicidade. O glutatião (GSH), ácido lipóico e os resíduos de cisteína de muitas enzimas, são alguns dos alvos moleculares do arsénio.

4.1 Sinais e sintomas

Os sintomas da intoxicação aguda de arsénio são evidentes cerca de 30 minutos após a ingestão. Caso o consumo seja em simultâneo com alimentos, o início dos sintomas pode ser retardado.

A tríade de dor abdominal, hematúria e icterícia aparece normalmente quando se trata de envenenamento por gás de arsina.³⁶

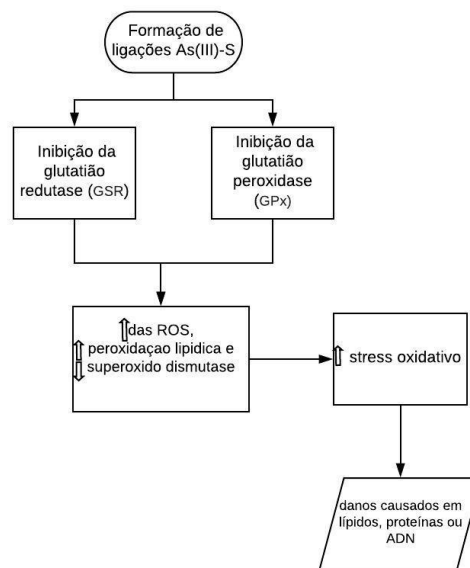


Figura II- Alguns dos mecanismos moleculares de doenças induzidas por arsénio (Fonte: Ref. 38)

Tabela 6 - Principais sinais e sintomas em 167 pacientes com arsenicose em West Bengal, Índia (Adaptado de ref. 37).



Sintomas

- Fraqueza
- Dor de cabeça
- Olhos ardentes
- Náuseas
- Dor abdominal
- Diarreia
- Tosse
 - Com expetoração
 - Sem expetoração
- Dispneia
- Parestesia
- Hemoptise



Sinais

- Pigmentação
- Queratose
- Anemia
- Hepatomegalia
- Esplenomegalia
- Ascite
- Edema periférico
- Sinal de doença pulmonar
- Sinal de polineuropatia
- Icterícia

4.2 Efeitos do arsénio nos vários sistemas de órgãos e o seu potencial mecanismo de toxicidade

4.2.1 Manifestações cutâneas

A pigmentação, a melanose e a queratose são as doenças específicas da pele características da toxicidade crónica por arsénio. Estas manifestações são várias vezes usadas como diagnóstico da exposição crónica ao arsénio, apesar de só se desenvolverem 5-10 anos após a exposição.³⁸

A pigmentação e queratose foram relatadas em 66% num total de 156 pacientes que estariam expostos ao arsénio ($[As] = 0,05-3,2 \text{ mg/L}$), através da ingestão de água potável, em West Bengal, Índia.³⁸ Outro estudo inclui população de Inner Mangolia, China, expostos a uma concentração de 50–1860 $\mu\text{g/L}$ de As. Aqui, 22% dos indivíduos apresentavam lesões dérmicas com hiperqueratose na palma da mão e no pé, hiperpigmentação e despigmentação no tronco.³⁸

Recentemente, pesquisas demonstraram que num total de 125 pacientes afetados por doença renal crónica, 54,4% apresentava hiperpigmentação das mãos, 39% desenvolvia queratose nas mãos e 17,6% nos pés, em indivíduos com altos níveis de arsénio urinário no Sri Lanka.³⁸

A taxa de prevalência de lesões cutâneas mostrou-se duas a três vezes mais elevada nos homens do que nas mulheres, estando estes sujeitos à mesma quantidade de arsénio.³⁷

4.2.2 Efeitos no sistema respiratório

Debendranath et Dasgupta, 2011, relataram que haveria uma probabilidade elevada de uma população desenvolver doença pulmonar estando expostos a água potável contendo arsénio.³⁷ Estudos demonstraram que os sintomas associados à doença pulmonar crónica estavam presentes na maioria dos indivíduos que sofriam de toxicidade crónica, causada pela ingestão de água contaminada por arsénio (em West Bengal, Índia). Adicionalmente, concluíram que, além dos sintomas respiratórios, o consumo de água contaminada com arsénio no homem mostrou-se associado à redução da função pulmonar.³⁷

Assim, estes estudos demonstraram que a ingestão de água contaminada com alto teor arsénio foi associada ao aumento da incidência de bronquiectasia no homem.³⁷

4.2.3 Efeitos no sistema nervoso

Uma das características do arsénio é a sua capacidade de atravessar a barreira hematoencefálica, tornando assim o cérebro um dos órgãos-alvo da toxicidade deste elemento, afetando principalmente a concentração e a aprendizagem. Sabe-se que, apesar de se distribuir por todo o cérebro, este encontra-se essencialmente acumulado na hipófise.³⁸ A exposição aguda e crónica ao arsénio leva ao incremento de complicações neurológicas de forma rápida, afetando os nervos sensoriais e, em maior escala, os neurónios com axónio longo.

O mecanismo do arsénio que conduz à neurotoxicidade está esquematizado na figura seguinte:

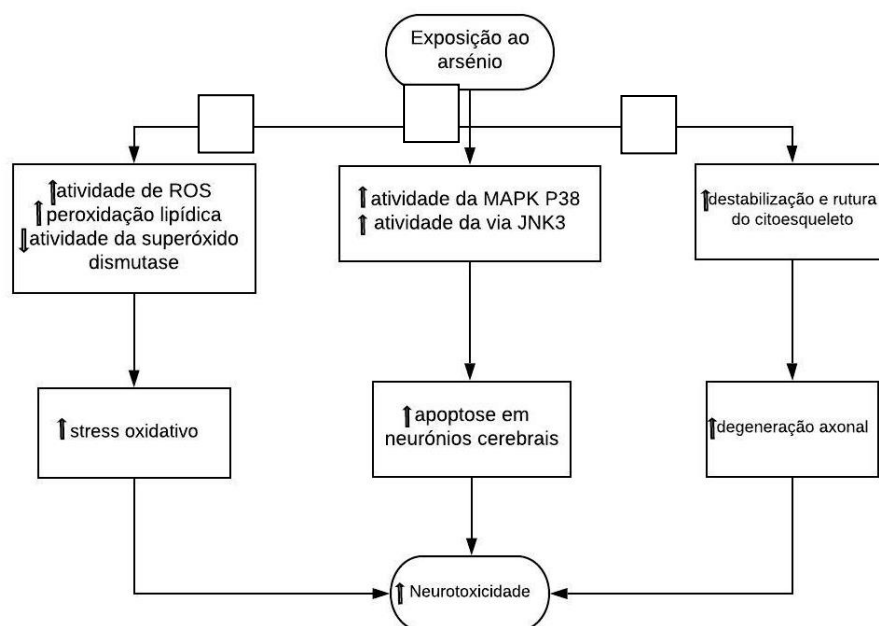


Figura 12 - Mecanismos moleculares neurotoxicidade induzidos por arsénio (Fonte: adaptado de ref. 38)

(1) – A acumulação de espécies reativas de oxigénio (ROS) e a diminuindo a produção de glutatião induz um stress oxidativo celular, o qual constitui uma das principais causas da neurotoxicidade induzida por arsénio.³⁸

(2) – A ativação das proteínas quinases ativadas por mitógenos (MAPK) e o aumento da atividade da JNK3, induzida pela exposição prolongada ao arsénio, causa apoptose neuronal e é responsável pela toxicidade no cérebro.³⁸

(3) – o arsénio também pode induzir a desorganização da estrutura do citoesqueleto das células, isto é, alterando a composição proteica do citoesqueleto e/ou hiperfosforilando proteínas.³⁸

Vahidnia *et al.*, 2007 relataram que, após a exposição ao arsénio, a memória e as habilidades de aprendizagem verbal ficavam comprometidas.^{38,39} O arsénio desencadeia neuropatias centrais e periféricas, sendo a mais prevalente a segunda devido ao dano nos nervos periféricos. Já a exposição aguda provoca encefalopática com perda da função e atividade cerebral ao longo do tempo.³⁸

O'Bryant *et al.*, 2011, referiram que poderia existir uma ligação entre a exposição prolongada a espécies de arsénio no consumo de água contaminada e o aparecimento da doença de Alzheimer e as suas complicações.⁴⁰

4.2.4 Efeitos no sistema cardiovascular

A exposição continuada a elevadas concentrações de arsénio pode estar relacionada com o aparecimento de doenças cardiovasculares (DCV) e os seus fatores de risco associados (aterosclerose, hipertensão, arritmia e diabetes). Estudos referem que a inalação ou ingestão de espécies inorgânicas de arsénio pode provocar efeitos irreversíveis no sistema cardiovascular e nos vasos sanguíneos.³⁸

A exposição crónica ao arsénio desencadeia uma série de eventos fisiopatológicos que podem levar ao desenvolvimento da aterosclerose, resultando em complicações cardiovasculares associadas (como, hipertensão, arritmias e doenças isquémicas do coração).³⁸ Esta aterogénese, pode estar relacionada com e elevada expressão génica de mediadores inflamatórios, como a interleucina-8, induzida pelo arsénio.^{38,41} Por outro lado, este, induz indiretamente as correntes cardíacas de cálcio e inibi o transporte do gene HERG (the human Ether-a-go-go-Related Gene), que codifica parte do canal de potássio, causando um prolongamento do intervalo QT no ECG.³⁸ Este prolongamento está associado ao desenvolvimento de arritmias ventriculares

malignas, provocando morte cardíaca súbita maligna.³⁸ Também, a diminuição da capacidade de metilação do arsénio aumenta o risco de hipertensão, tendo sido observada, esta relação, em vários países como Bangladesh, Irão, Taiwan, Índia (West Bengal) e China.³⁸

Noutra perspetiva, a exposição crónica pode estar envolvida no aparecimento da doença de Blackfoot (BFD), tipo específico de doença vascular periférica (DVP), caracterizada pelo dano dos vasos sanguíneos periféricos, resultando em gangrena progressiva.³⁸ Esta doença foi identificada na costa sudoeste de Taiwan, sendo que a população afetada, apresentava sintomas como arteriosclerose grave e oclusões arteriais progressivas.³⁸

Estudos demonstraram que o aparecimento de doença isquémica do coração, está associado com a exposição ao arsénio a longo prazo.³⁸

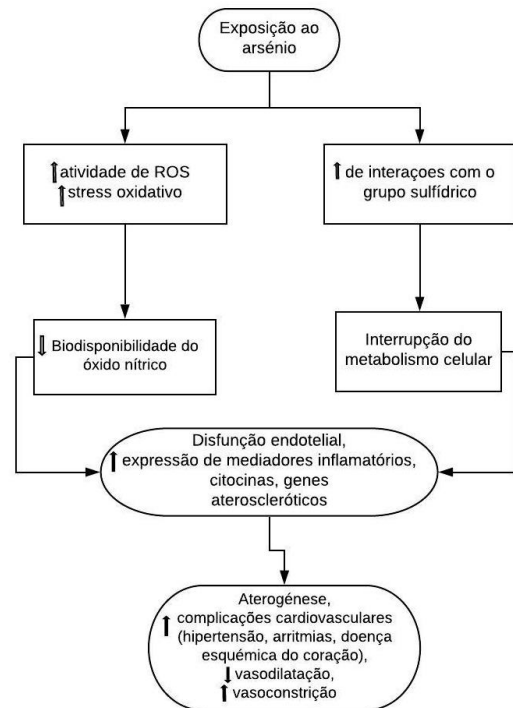


Figura 13 - Mecanismos de complicações cardiovasculares induzidos por arsénio (Adaptado de ref. 38)

Assim, a exposição ao arsénio, tanto resultante da inalação como da ingestão, pode resultar num aumento da sensibilização ao cálcio, na fosforilação da cadeia leve da miosina, no aumento do stresse oxidativo, aumentando as espécies reativas de oxigénio, causando hipercontração dos vasos sanguíneos e consequentemente hipertensão. Alguns estudos confirmam o efeito positivo na taxa de morbilidade e mortalidade devido a efeitos cardiovasculares, induzidos pela exposição a altas concentrações de arsénio.³⁸

4.2.5 Efeitos no sistema hematopoiético

A anemia é um dos sintomas mais comuns observados em indivíduos expostos ao arsénio. Este, após exposição, entra na corrente sanguínea e liga-se à hemoglobina, acumulando-se nos eritrócitos, e consequentemente induzindo a hemólise.

(1) Diminuição do Glutatião intracelular; (2) Aumento da oxidação dos grupos sulfídricos na hemoglobina e (3) redução da captação de oxigénio pelas células; (4) redução da vida útil dos eritrócitos. Por outro lado: (1) aumento dos níveis de cálcio citoplasmático; (2) formação de ceramidas; (3) desintegração da membrana e (4) diminuição dos níveis de ATP e da integridade da membrana celular, (5) afeta a vida útil dos eritrócitos.

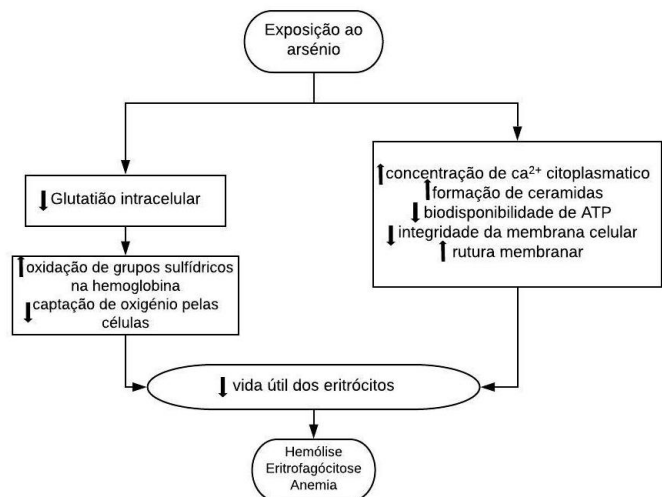


Figura 14 - Mecanismos de hemólise induzidos por arsénio (Adaptado de ref. 38)

Deste modo, a exposição prolongada pode levar à hemólise intravascular, leucopenia e trombocitopenia, provocando anemia.³⁸ Por outro lado, além dos eritrócitos, o arsénio acumula-se em maior taxa no baço, provocando modificações epigenéticas via 5-hidroximetilcitosina, explicando a sua toxicidade neste órgão. Por fim, a depressão da medula óssea também é observada, devido à intoxicação por arsénio.³⁸

4.2.6 Efeitos no sistema imunitário

Estudos recentes demonstraram o papel negativo, face ao sistema imunológico, da exposição ao arsénio, correlacionando este elemento à imunossupressão.



Figura 15 - Mecanismos envolvidos na imunossupressão induzida por arsénio. (Adaptado de ref. 38)

O arsénio pode inibir ou induzir a proliferação de células do sistema imunitário, de uma forma dose-dependente, sendo os macrófagos os principais alvos estando relacionados com a imunotoxicidade.

A perda da sua capacidade de adesão é uma das consequências da ligação ao elemento, bem como a alteração na capacidade de endocitose e fagocitose destas células.³⁹ Sendo os monócitos os precursores de macrófagos maduros, são também indispensáveis na resposta do sistema imunitário. Estes monócitos também são alvo da exposição ao arsénio, sendo que este inibe a sua maturação, colocando o organismo mais suscetível a infeções.³⁸

Além dos macrófagos e monócitos, o arsénio inorgânico surte um efeito negativo na função dos linfócitos, prejudicando o seu desenvolvimento, ativação e proliferação.³⁸ Afeta os linfócitos com o aumento de radicais livres, dano oxidativo, apoptose, danos e modificações no ADN e peroxidação lipídica.³⁸

Ahmed *et al.*, 2014 constatou que a exposição ao arsénio durante a gravidez prejudica o desenvolvimento do timo da criança, resultando numa imunodepressão.^{38,42}

Banerjee *et al.*, 2009, relataram a capacidade de indução de doenças autoimunes do arsénio, incluindo diabetes, aterosclerose e melanoma.³⁸

4.2.7 Efeitos no sistema endócrino

O sistema endócrino é também afetado pelo arsénio, incluindo a tiroide, o pâncreas, as gónadas e o eixo hipotalâmico-hipofisário-adrenal.

A tiroide é uma glândula que produz hormonas tiroideas, tri-iodotironina (T3) e tiroxina (T4), as quais possuem um papel fundamental no metabolismo do organismo. Gong *et al.*, 2015,

associaram o hipotireoidismo provocado pela exposição a níveis de arsénio através das águas subterrâneas (2-22 µg/L), numa população rural do oeste do Texas.^{38,43} Por outro lado, sabe-se que o arsénio se acumula nas células pancreáticas diminuindo a produção de insulina e afetando a viabilidade das células. Deste modo, a insuficiente produção de insulina pelas células β pancreáticas, desencadeia níveis elevados de glicose no sangue, causando a diabetes. Com base em evidências experimentais e epidemiológicas, foi estabelecida uma associação entre a exposição de uma população a altos níveis de arsénio e a ocorrência de diabetes *mellitus* tipo 2 (DM2).³⁸

Assim, os mecanismos envolvidos nesta associação são a resistência à insulina e a disfunção das células β pancreáticas, as quais são desencadeadas pela ativação de espécies reativas de oxigénio (ROS), pelo fator nuclear-κβ (NF-κβ), por citocinas [(TNFα) e interleucina-6 (IL-6)], e pela inibição do recetor ativado pelo proliferador de peroxissoma gama (PPAR-gama).³⁸

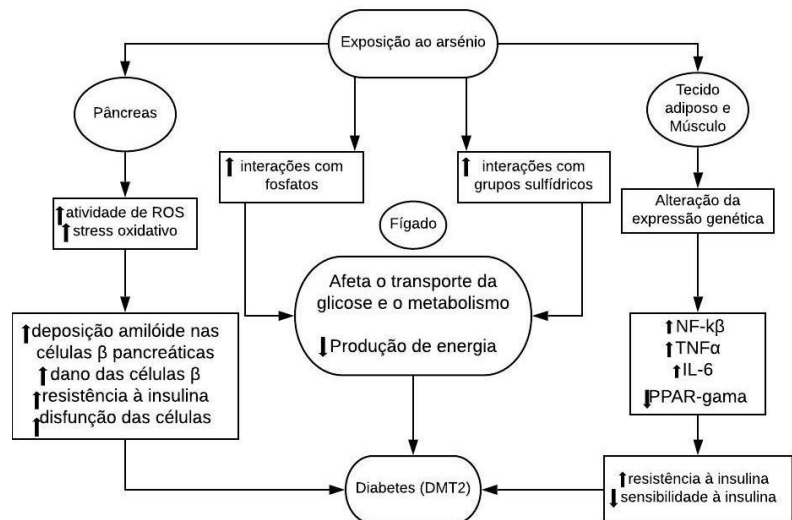


Figura 16 - Mecanismos-chave do desenvolvimento de diabetes devido à exposição ao arsénio. (Adaptado de ref.38)

4.2.8 Efeitos no sistema hepático

A toxicidade hepática pode ocorrer após exposições repetidas ao arsénio, devido à acumulação deste no fígado. É neste órgão que o arsénio inorgânico é metabolizado, sendo posteriormente excretado pela urina. Mazumder *et al.*, 1998, referiram que, em West Bengal, Índia uma população exposta ao arsénio (0,05 a 3,2 mg/L) apresentava um aumento do fígado, associado a elevados níveis de globulina, fosfatase alcalina, alanina aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransferase (AST).³⁸

Isto acontece devido ao aumento do stresse oxidativo e da atividade de ROS levando à ativação de quinases sinalizadores, como C-Jun N-Terminal Quinase (JNK), p38 MAPK e Citocromo P450, os quais induzem a apoptose de hepatócitos e/ou a lesão celular.³⁸

Cirrose, ascite e cancro no fígado foram manifestações frequentes em populações expostas ao arsénio ao longo do tempo.³⁸

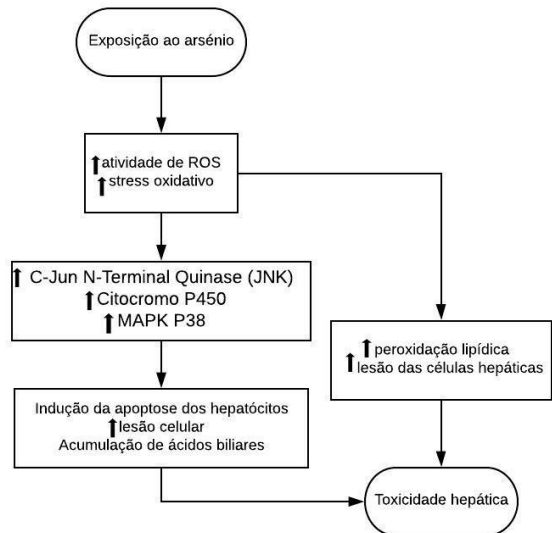


Figura 17 - Mecanismos de toxicidade hepática induzida pela exposição ao arsénio (Adaptado de ref. 38)

4.2.9 Efeitos no sistema renal

Após ser metabolizado no fígado, o arsénio passa para o rim onde vai sem eliminado através da urina. No rim, este metal também pode acumular-se causando graves lesões nas células renais, contribuindo para a toxicidade do tecido renal.³⁸

Esta toxicidade, resultante da exposição ao arsénio, ocorre principalmente devido ao aumento da atividade de ROS e do stresse oxidativo, aumentando significativamente a expressão de heme oxigenase-1, MAPK e outras vias de sinalização que regulam os fatores de transcrição, provocando toxicidade renal.^{38,44} A peroxidação lipídica e a lesão das células renais constituem outros mecanismos que podem resultar em toxicidade renal, sendo consequência do aumento da atividade de ROS.

Estudos demonstraram que existe uma associação positiva entre a exposição de indivíduos ao arsénio e a ocorrência de doença renal, bem como do aparecimento de albuminúria e proteinúria, da disfunção renal e do aumento das complicações associadas à doença renal crónica. A exposição a altos níveis de arsénio

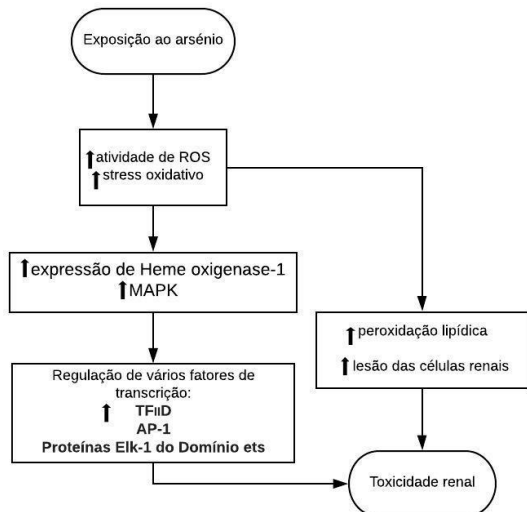


Figura 18 - Mecanismos da toxicidade renal induzida pela exposição ao arsénio (Adaptado de ref. 38)

aumentou a taxa de mortalidade devido à doença renal em vários países, como, Taiwan, Chile e Bangladesh.³⁸

4.2.10 Efeitos no sistema reprodutor

O arsénio pode causar problemas de fertilidade, afetando tanto os órgãos sexuais masculinos como femininos, podendo contribuir para a diminuição da síntese de testosterona, apoptose e necrose, especificamente no sexo masculino.³⁸

A exposição crónica ao arsénio pode ser a causa de muitas complicações na gravidez, como perda de peso e parto prematuro. Pode também desencadear retardamento do crescimento e até mesmo morte fetal.³⁸

Li *et al.*, 2009, considerou que a proliferação celular anormal, a apoptose e a deficiência na metilação do DNA foram os principais processos que afetaram a embriogénese.^{38,45}

Estudos realizados numa população do Bangladesh revelaram uma forte relação entre a exposição ao arsénio (variação de 0 a 1710 g/L) e o aborto espontâneo/morte neonatal. No entanto, a toxicidade do arsénio varia consoante a dose e o dia em que a gestação se encontra.³⁸

Por fim, este elemento é um teratogénico que afeta o desenvolvimento do feto, desencadeando toxicidade reprodutiva e mental devido à exposição crónica.¹⁹

4.3 Desenvolvimento de cancro devido à exposição ao arsénio

O arsénio foi classificado, pela *International Agency for Research on Cancer (IARC)*, como sendo um carcinogénico humano, do grupo I.⁴⁶ Este elemento demonstrou ser capaz de induzir a génese de tumores em vários órgãos do corpo humano, como a pele, os pulmões, a bexiga, o fígado e a próstata. Contudo, os mecanismos responsáveis por induzir o aparecimento de cancro são inconsistentes e estão ainda sob investigação.

O anexo I resume os principais mecanismos que resultam numa maior suscetibilidade de aparecimento de doenças humanas, resultantes da exposição contínua ao arsénio.

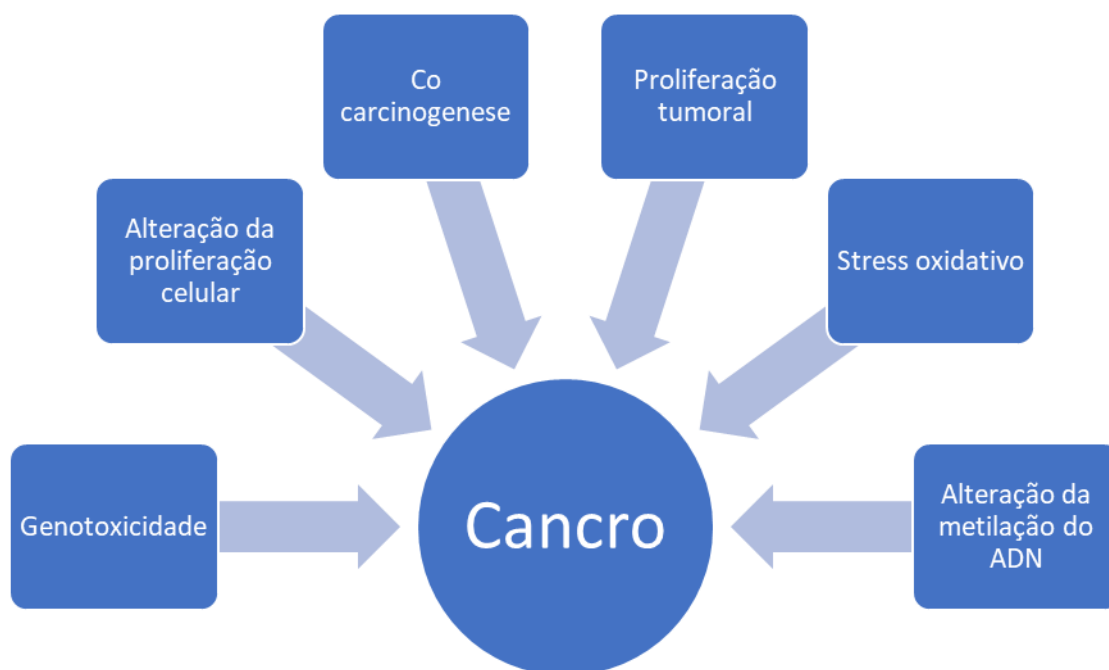


Figura 19 - Mecanismos envolvidos no desenvolvimento do cancro através da exposição ao arsénio. Mecanismos como alteração da proliferação celular, genotoxicidade, co carcinogénese, alterações na metilação do ADN e a proliferação de tumores oxidativos podem coletiva ou independentemente contribuir para carcinogénese da exposição ao arsénio (Adaptado de ref. 38)

4.3.1 Pele

Relativamente à pele, sabe-se que o consumo crónico de arsénio pode desenvolver carcinogenicidade neste órgão, principalmente cancro de pele não-melanoma (CPNM). Este tipo de cancro pode dividir-se em dois tipos principais: **Carcinoma Basocelular (CBC)** e **carcinoma de células escamosas (CCE)**, sendo estes os mais prevalentes nas populações.³⁸ Estudos epidemiológicos, realizados em vários países problemáticos, relacionaram a ingestão de arsénio a longo prazo e o desenvolvimento destas doenças, associando a radiação ultravioleta (UV) como uma causa coadjuvante.^{38,47}

4.3.2 Pulmões

Em 2002, a IARC reconheceu o arsénio contaminante da água potável como uma das causas conhecidas de cancro de pulmão.⁴⁶

Em 2013 Hubaux *et al.*, clarificaram a predisposição do elemento para induzir alterações em vias específicas, as quais regulam a formação de tumores em células pulmonares. Estes referiram também que os pulmões são um dos principais alvos para a génese de células tumorais, da exposição ao arsénio.^{38,48}

4.3.3 Fígado

O fígado pode também ser um dos alvos da carcinogénese do arsénio, sendo que a exposição a longo prazo a este elemento aumenta o risco de mortalidade devido ao cancro.³⁸

Os níveis de mRNA e a atividade da DNA metiltransferase (DNA MTase) são afetados pela exposição ao arsénio, podendo este ter efeitos adicionais na reativação de genes silenciados em células cancerígenas do fígado.³⁸

4.3.4 Bexiga e rim

Foi observado, um aumento do risco de cancro de bexiga e rim, através de estudos epidemiológicos, devido à ingestão de água contaminada com arsénio. A relação entre a taxa de mortalidade, decorrente do aparecimento de cancro da bexiga, e a presença de arsénio inorgânico na água potável, foi estabelecida na Argentina, Taiwan e Chile.³⁹ Por outro lado, Kurttio *et al.*, 1999, referiu que o consumo de água contaminada, forneceu um indício de maior suscetibilidade, de uma forma dose-dependente, ao cancro de bexiga e rim numa população da Finlândia.⁴⁹

4.3.5 Cancro da próstata

O cancro da próstata, é uma das doenças graves mais prevalentes do sexo masculino. Esta patologia desenvolve-se ao longo do tempo de forma dependente da idade, sendo caracterizada por uma doença proliferativa anormal.³⁸ Também este órgão pode ser um dos alvos da exposição crónica de arsénio, progredindo para a génese de células tumorais da próstata.³⁸ Além deste, existem vários fatores que contribuem para o desenvolvimento desta doença, tais como idade, hábitos alimentares, etnia, história familiar, tabagismo, vasectomia, hiperplasia benigna da próstata, hormonas, atividade sexual e doenças sexualmente transmissíveis.³⁸

4.4 Possíveis tratamentos

A primeira etapa de tratamento, para indivíduos intoxicados com arsénio passa pela exclusão da população da fonte de exposição, pela descontaminação e por medidas de suporte necessárias. A terapia propriamente dita é conseguida através de um processo de quelação, isto é, os agentes quelantes administrados ligam-se ao arsénio, formando complexos, aumentando a sua excreção urinária e fecal.³⁶ O principal agente quelante utilizado, era o 2,3-dimercaptopropanol (BAL), sendo a D-penicilamina também considerada eficaz.³⁶ No entanto,

estudos demonstraram que o primeiro agente aumentava a acumulação de arsénio no cérebro, levando a que o BAL fosse quimicamente alterado, para formar compostos solúveis em água. Os compostos resultantes foram: o DMSA (ácido dimercaptosuccínico) [Chemet[®]; Succimer[®]] e o DMPS (ácido dimercaptopropanil-I- sulfónico) [Dimaval[®]; Unithiol[®]]. Estes compostos, revelaram-se mais eficazes do que o BAL, sendo utilizado com frequência o DMSA para tratar o envenenamento por arsénio. Contudo, este agente quelante apenas pode ser administrado por via oral, não sendo possível ser utilizado por doentes com gastroenterite grave. Nesta situação, deve considerar-se o uso do BAL para a desintoxicação.³⁶

O tratamento deve ser iniciado em doentes com sintomas de envenenamento e/ou com níveis de arsénio urinário acima de 200 mg/L.

Para ingestões recentes de arsénio, devem ser consideradas lavagens gástricas imediatas, seguidas de carvão ativado. Outros procedimentos, que devem ser tidos em conta no tratamento de intoxicações por arsénio são a avaliação do volume intravascular e a administração de fluidos e eletrólitos. O doente deve manter um débito urinário alto, na ordem de 1 a 2 ml/kg/h para que, desta forma, aumente a excreção do contaminante.³⁶ Também a alcalinização da urina, a um pH de 7, evita que produtos de degradação dos glóbulos vermelhos se depositem nos túbulos renais.³⁶

O tratamento com agentes quelantes aumenta a excreção urinária de arsénio, mas não previne a hemólise. Deste modo, podem ser necessárias transfusões para ultrapassar a resposta hemolítica. Para insuficiência renal instigada por gás de arsina, pode ser necessário recorrer à hemodialise.³⁶

Tabela 7 - Regimes posológicos de agentes quelantes (Adaptado de ref. 36)

Fármaco	Dosagem	Via de administração	Contraindicações
BAL	3-6 mg/kg, cada 4-12h por 7-10 dias	IM	Alergia ao amendoim, ferro terapêutico concomitante
DMSA	10 mg/kg a cada 8h por 5 dias	Oral	Compromisso renal
DMPS	5 mg/kg a cada 6-8h	Oral, IM, i.v., SC	
D-PEN	15-40 mg/kg/dia dividido a cada 6h pediátrico: 10 mg/kg/dia por 7 dias	Oral	Compromisso renal, ferro terapêutico concomitante, gravidez
NAP	250-500 mg a cada 6h por 6-10 dias pediátrico: 30 mg/kg/dia	Oral	

Tabela 8 - Toxicidade por arsénio- Evidências clínicas, testes de diagnóstico e terapias (adaptado de ref. 36)

<p>Exposição:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recente intoxicação em massa • Bom uso da água • Trabalhar com arsénio <p>Combinações de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sintomas gastrointestinais (sede, vômitos, dor) • Hipotensão e taquicardia • Bloqueios de condução e disritmias • Alterções no estado mental • Neuropatias periféricas • Fenómeno de Raynaud • Edema pulmonar • Insuficiência hepática • Insuficiência renal • Hemólise/anemia • Hiperpigmentação e queratose • Linhas de mee nas unhas • Alopecia 	Evidências clínicas	<p>Níveis de arsénio na urina</p> <p>Níveis de arsénio no sangue</p> <p>Radiografias</p> <p>Esfregaço de sangue periférico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pontilhado basofílico • Formação Rouleaux 	Testes de diagnóstico	<p>Primeira linha terapêutica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DMSA ou DMPS ou BAL <p>Segunda linha terapêutica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • D-PEN <p>Tranfusões de sangue para intoxicação com arsina</p> <p>hemosiálise para insuficiência renal</p>	Terapias
--	---------------------	--	-----------------------	--	----------

5. Conclusão

A presença de arsénio nas águas naturais é uma realidade, visto que este pode encontrar-se na natureza, proveniente de um vasto leque de fontes, naturais e antropogénicas. A sua introdução nas águas de abastecimento público é rápida e fácil, tornando-se imprescindível a sua parametrização periódica.

O tratamento de águas para consumo humano contaminadas com arsénio é indispensável, tanto para a prevenção da saúde pública como para combater os efeitos nocivos que este metalóide apresenta para o organismo humano. Desta forma, é importante e necessária uma boa escolha da técnica de remoção de arsénio da água, para garantir a eficácia e a sustentabilidade da sua remoção. Esta deve ser ajustada para que seja atingível o cumprimento da lei, até 10µg/L de arsénio na água para consumo humano, eficazmente e com os menores custos possíveis. A adoção de metodologias de remoção de arsénio, baseadas numa conjugação dos processos convencionais com tecnologias alternativas de baixo custo e reaproveitamento de energias renováveis, pode solucionar problemas financeiros e operacionais que podem surgir nas entidades gestoras dos sistemas de abastecimento de água.

Sendo a implementação e exploração das técnicas convencionais de remoção de arsénio financeiramente insustentáveis para a maioria dos países subdesenvolvidos, grande parte das suas populações sofrem os efeitos negativos da ingestão crónica de arsénio consumindo água com teores deste contaminante até 50µg/L (ou superiores). Consequentemente, o arsénio afeta em grande escala os processos celulares e as funções orgânicas do corpo humano, sendo evidente a sua capacidade de induzir efeitos epigenéticos e aumentar a probabilidade de desenvolver doenças em fases posteriores da vida, quando se trata da exposição durante a fase fetal. É conhecido também o seu caráter carcinogénico, induzindo o desenvolvimento de cancro no pulmão, bexiga, rim, pele e próstata, aquando de uma exposição prolongada.

A exposição ao arsénio através da ingestão de água contaminada é um problema identificado a nível mundial, sendo que existem países em situações extremas tais como, Índia, Bangladesh, Taiwan, entre outros.

Os procedimentos-chave para combater este problema passam por eliminar fontes prováveis da contaminação das águas, identificar regiões prováveis de contaminação e eliminar fontes provenientes dessas regiões. O tratamento das águas para o abastecimento público, com técnicas adequadas e a consciencialização das populações para os efeitos nocivos deste contaminante, são também medidas a serem tomadas o mais rapidamente possível, evitando um impacto negativo na população mundial.

6. Referências Bibliográficas

- 1- MANDAL, B., SUZUKI, T. – “Arsenic round the world: a review”. **Talanta** (2002), 58(1):201-35
- 2- WHO - Environmental Health Criteria 224 – “Arsenic and arsenic compounds.”, 2nd Edition World Health Organization, Geneva (2001)
- 3- CUNHA, P., DUARTE, A. – “Remoção de arsénio em águas para consumo humano”. In: Encontro Nacional de Saneamento Básico, 13, Covilhã, Portugal. Modelos de Gestão e Financiamento em Águas e Resíduos. Lisboa: APESB, 2008.
- 4- CUZICK, J.I., SASIENI, P., EVANS, S. – “Ingested arsenic, keratoses, and bladder cancer”. **Am J Epidemiology** (1992), 136(4):417-21.
- 5- SILVA, A. F., FIÚZA A. – “Distribuição e comportamento do arsénio em ambientes naturais”. In: Congresso Luso Moçambicano de Engenharia, 6, Maputo, Moçambique. A Engenharia como Alavanca para o Desenvolvimento e Sustentabilidade. Porto: INEGI, 2011.
- 6- CHAKRABARTI, D., SINGH, S. K., RASHID, M. H., RAHMAN, M. M. – “Arsenic: Occurrence in Groundwater”. **Earth Systems and Environmental Sciences** (2018).
- 7- RIBEIRO, Cristina Maria Carvalho da Mata - “Estabelecimento de uma rotina laboratorial para análise química de sedimentos e sua aplicação a sedimentos continentais do Minho (NW Portugal): contribuição para a reconstituição paleoambiental da região”. Universidade do Minho: [S.n.], 2006. Dissertação de Mestrado em Ciências do Ambiente.
- 8- DIÁRIO DA REPÚBLICA - AMBIENTE – Decreto-Lei n.º 152/2017, de 7 de dezembro. (2017). [consultado em 01 de junho de 2019]. Disponível em: <https://dre.pt/application/conteudo/114315242>
- 9- DIREÇÃO GERAL DE SAÚDE – Departamento de saúde pública – Nota Técnica- Arsénio. (2011). [consultado em 03 de junho de 2019]. Disponível em: <https://www.dgs.pt/delegado-de-saude-regional-de-lisboa-e-vale-do-tejo/programas--projetos--grupos-tecnicos/saude-ambiental/aguas-para-consumo-humano/notas-tecnicas/arsenio-pdf.aspx>
- 10- GHOSH, S., DEBSARKAR, A., DUTTAB, A. – “Technology alternatives for decontamination of arsenic-rich groundwater – A critical review”. **Environmental Technology & Innovation** (2019), 13:277-303

- 11- CHAKRABORTI, D., RAHMAN, M.M., DAS, B., MURRILL, M., DEY, S., CHANDRA, S., DHAR, R.K., BISWAS, B.K., CHOWDHURY, U.K., ROY, S., SORIF, S., SELIM, M., RAHMAN, M., QUAMRUZZAMAN, Q., - “Status of groundwater arsenic contamination in Bangladesh: a 14-year study report”. **Water Res.** (2010), 44(19):5789–5802.
- 12- UNICEF – “Arsenic contamination in groundwater”. **Current Issues.** Vol., 2 (2013)
- 13- SMITH, AHI, LINGAS, EO, RAHMAN, M. – “Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency”. **Bull World Health Organ.** (2000), 78(9):1093-103.
- 14- **Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.** [Consultado em 10 de junho de 2019]. Disponível em: <http://www.ersar.pt/pt/setor/entidades-gestoras>
- 15- ANTUNES, M., ALBUQUERQUE, T. – “Mapeamento da probabilidade de contaminação em arsénio numa área mineira abandonada (Centro de Portugal), usando a Krigagem da indicatriz”. In: *Multidimensão e territórios de risco.* Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2014. ISBN: 978-989-96253-3-4, 501-505.
- 16- ANTUNES, M., ALBUQUERQUE, T., SECO, F., OLIVEIRA, S., SÁNZ, G.- “Variabilidade espacial de urânio e arsénio nas águas subterrâneas de uma bacia hidrográfica transfronteiriça (rio Águeda)”. **Territorium**, [S.l.], 2015. n. 22, p. 291-296, ISSN 1647-7723. Disponível em: <https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/3221>
- 17- Silva, C., Sousa, H., Lopes, O., Favas, P. – “Contaminação em arsénio e alumínio da água de consumo em algumas localidades do concelho de Vila Real – Portugal”. In: *Congresso ibérico de geoquímica, 6, Vila Real, Portugal (2007).*
- 18- PINTO, Luís Filipe dos Santos Serrano – “Arsénio em águas subterrâneas em Portugal”. Aveiro: [S.n.], 2009. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Geociências.
- 19- SOUSA, Sara Cristina Silva – “Avaliação do impacte ambiental das minas de volfrâmio de Regoufe – Arouca”. Aveiro: [S.n.], 2016. Tese para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Geológica.
- 20- **Águas do marco, S.A.** [Consultado em 14 de junho de 2019]. Disponível em: <http://www.aguasdomarco.pt/>
- 21- CORREIA, Cláudia Sofia Henriques – “Contribuição para a análise da presença de arsénio em águas de abastecimento e a sua remoção por precipitação química”. Monte da Caparica: [S.n.], 2008. Dissertação de mestrado em Engenharia do Ambiente- Perfil Sanitária.

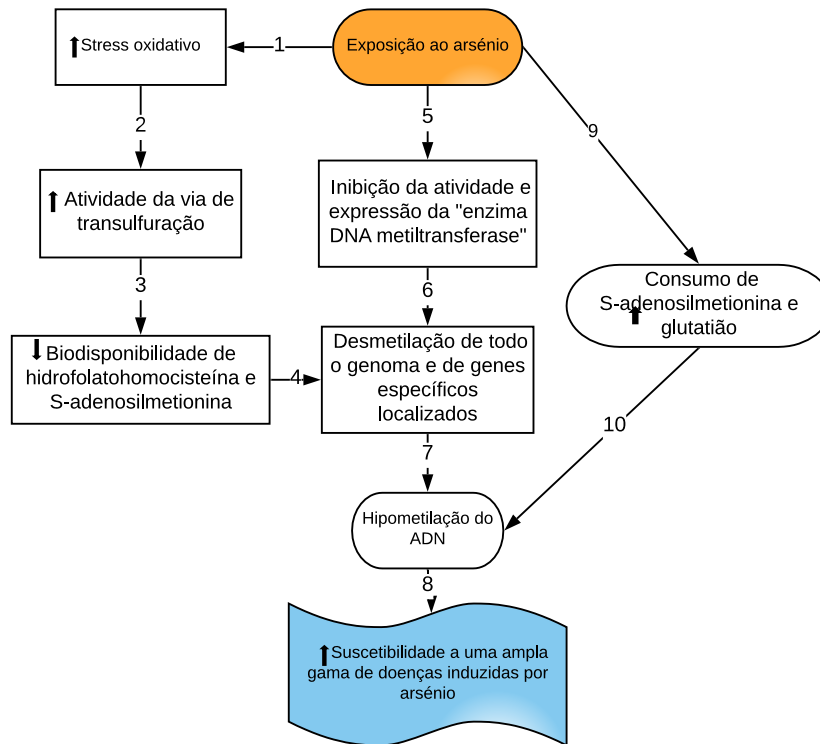
- 22- ONGLEY, E.D. – “Pollutant loadings: accuracy criteria for river basin management and water quality assessment”. **Water Resources Development** (1993), 9 (1): 39-50
- 23- WHO- “Guidelines for Drinking-water quality.”, 3rd Edition World Health Organization, vol I, Geneva (2004a).
- 24- DIÁRIO DA REPÚBLICA – AMBIENTE – Decreto-Lei n.º 152/2017, de 7 de dezembro. (2017). [consultado em 16 de junho de 2019]. Disponível em: <https://dre.pt/application/conteudo/114315242>
- 25- HELLARD, M. E., SINCLAIR M. I., FORBES A.B., FAIRLEY C. K.- “A Randomized, Blinded, Controlled Trial Investigating the Gastrointestinal Health Effects of Drinking Water Quality”. **Environ Health Perspect** (2001), 109(8): 773–778.
- 26- MASSCHELEYN, P.H., DELAUNE, R.D., PATRICK Jr, W.H.- “Effect of redox potential and pH on arsenic speciation and solubility in a contaminated soil”. **Environ. Sci. Technol** (1991), 25, 1414–1419.
- 27- CLARK, W., GREEN, F., JOSEPH, R., -” The differentiation of bacteria of the colon-aerogenes family. J. Amer”. **Water Works Assoc.** (1918), 5 (1), 26–35.
- 28- KATSOYIANNIS, I.A., ZOUBOULIS, A.I., - “Application of biological processes for the removal of arsenic from groundwaters”. **Water Res.** (2004), 38 (1): 17–26.
- 29- BATTAGLIA-BRUNET, F., DICTOR, M., GARRIDO, F., CROUZET, C., MORIN, D., DEKEYSER, K., CLARENS, M., BARANGER, P., “An arsenic(III)-oxidizing bacterial population: selection, characterization, and performance in reactors.” **J. Appl. Microbiol.** (2002), 93 (4): 656–667.
- 30- CHOONG, T.S., CHUAH, T.G., ROBIAH, Y., KOAY, F.G., AZNI, I., - “Arsenic toxicity, health hazards and removal techniques from water: an overview”. **Desalination** (2007), 217 (1): 139–166.
- 31- SARKAR, A., PAUL, B.- “The global menace of arsenic and its conventional remediation – A critical review”. **Chemosphere** (2016), 158: 37–49.
- 32- SOUSA, André Costa – “Remoção de arsénio e antimónio de soluções aquosas por biossorção”. Porto: [S.n.], 2014. Dissertação de mestrado em mestre em engenharia do ambiente.
- 33- SHIH, M.- “An overview on arsenic removal by pressure driven membrane process.” **Desalination** (2005), 172: 85–97.
- 34- HAN, B., RUNNELLS, T., ZIMBRON, J., WICKRAMASINGHE, R. – “Arsenic removal from drinking water by flocculation and microfiltration.” **Desalination** (2002), 145: 293–298.

- 35- WHO – “Arsenic” [Consultado em 18 de junho]. Disponível em: https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/arsenic/en/
- 36- GRAEME K., POLLACK CV Jr., KIMBERLIE, A.- “Heavy metal toxicity, Part I: arsenic and mercury.” **The Journal of Emergency Medicine** (1998), 16(1):45-56.
- 37- DEBENDRANATH G. M., DASGUPTA, U.B. – “Chronic arsenic toxicity: Studies in West Bengal, India.” **The Kaohsiung Journal of Medical Sciences** (2011), 27(9):360-370.
- 38- KHAJA, S.M.A., SUDHEERA, S.J., EDIRIWEERA P.S.C., CHANNA, J.P., Silva, M.C.S. – “Arsenic and human health effects: A review.” **Environmental Toxicology and Pharmacology** (2015), 40(3):828-846.
- 39- VAHIDNIA, A., VAN DER VOET, G., DE WOLFF, F. – “Arsenic neurotoxicity - a review.” **Hum. Exp. Toxicol.** (2007) 26, 823–832.
- 40- O'BRYANT, S.E., EDWARDS, M., MENON, C.V., GONG, G., BARBER, R.- “Long-term low-level arsenic exposure is associated with poorer neuropsychological functioning: a Project FRONTIER study. **Int. J. Environ. Res. Public Health** (2011), 8:861–874.
- 41- SIMEONOVA, P.P., HULDERMAN, T., HARKI, D., LUSTER, M.I.- “Arsenic exposure accelerates atherogenesis in apolipoprotein E (-/-) mice.” **Environ. Health Perspect.** (2003), 111:1744–1748.
- 42- AHMED, S., MOORE, S.E., KIPPLER, M., GARDNER, R., HAWLADER, M.D., WAGATSUMA, Y., RAQIB, R., VAHTER, M. – “Arsenic exposure and cell-mediated immunity in preschool children in rural Bangladesh.” **Toxicol. Sci.** (2014), 141:166–175.
- 43- GONG, G., BASOM, J., MATTEVADA, S., ONGER, F. – “Association of hypothyroidism with low-level arsenic exposure in rural West Texas.” **Environ. Res.** (2015), 138C:154–160.
- 44- SASAKI, A., OSHIMA, Y., FUJIMURA, A. – “An approach to elucidate potential mechanism of renal toxicity of arsenic trioxide.” **Exp. Hematol.** (2007), 35:252–262.
- 45- LI, D., LU, C., WANG, J., HU, W., CAO, Z., SUN, D., XIA, H., MA, X. – “Developmental mechanisms of arsenite toxicity in zebrafish (*Danio rerio*) embryos. **Aquat. Toxicol.** (2009), 91:229–237.
- 46- IARC- agents classified by the IARC monographs, volumes 1-123. [consultado em 22 de junho de 2019]. Disponível em: <https://monographs.iarc.fr/agents-classified-by-the-iarc/>

- 47- LEONARDI, G., VAHTER, M., CLEMENS, F., GOESSLER, W., GURZAU, E., HEMMINKI, K., HOUGH, R., KOPPOVA, K., KUMAR, R., RUDNAI, P. – “Inorganic arsenic and basal cell carcinoma in areas of Hungary, Romania, and Slovakia: a case–control study.” **Environ. Health Perspect.** (2012), 120:721–726.
- 48- HUBAUX, R., BECKER-SANTOS, D.D., ENFIELD, K., ROWBOTHAM, D., LAM, S., LAM, W.L., MARTINEZ, V.D. – “Molecular features in arsenic-induced lung tumors.” **Mol. Cancer** (2012), 12:20.
- 49- KURTTIO, P., PUKKALA, E., KAHELIN, H., AUVINEN, A., PEKKANEN, J. – “Arsenic concentrations in well water and risk of bladder and kidney cancer in Finland.” **Environ. Health Perspect.** (1999), 107:705.
- 50- Duarte, António & L C Oliveira, Sara & Amorim, M.T., - “Arsenic removal from drinking water by advanced filtration” (2019).
- 51- Abreu, N., “Da captação à distribuição, o caminho que a água faz até nossas casas”, Autossustentável [Consultado em 2 de junho de 2019]. Disponível em: <http://autossustentavel.com/2017/03/estacao-tratamento-agua-eta.html>
- 52- SANTOS, Andreia Patrícia Martins – “Controlo da Qualidade da Água em Rede de Abastecimento Público”. Coimbra: [S.n.], 2018. Relatório de Estágio para obtenção do Grau de Mestre em Gestão Ambiental.
- 53- SILVER, S. and Le T. PHUNG – “Genes and Enzymes Involved in Bacterial Oxidation and Reduction of Inorganic Arsenic” *Applied and environmental microbiology* (2005)
- 54- NIDHEESHA, P.V., SINGH, T.S.A. – “Arsenic removal by electrocoagulation process: Recent trends and removal mechanism”. *Chemosphere* (2017), 181:418-432.

7. Anexos

Anexo I: A exposição ao arsénio induziu possíveis mecanismos causadores de doenças humanas. (Fonte: Khaja, S.M.A., et al., 2015)



Nota: A exposição ao arsénio (1) aumenta o stress oxidativo celular, provocando o (2) aumento da atividade da via de transulfuração o que leva a uma (3) diminuição da disponibilidade de hidrofolato-homocisteína e S-adenosilmetionina, desencadeando uma (4) desmetilação de todo o

genoma e genes específicos localizados. Por outro lado, também (5) inibe a atividade e expressão de uma enzima-chave, "DNA metiltransferase" e conseqüentemente à (6) desmetilação de todo o genoma e genes específicos localizados. Isto resulta numa (7) hipometilação do ADN, (8) aumentando a suscetibilidade a uma ampla gama de doenças induzidas por arsénio. Esta exposição crónica, (9) aumenta o consumo de S-adenosilmetionina e glutatião, levando também à (10) hipometilação do ADN.