



# **Utilização da casca de ovo na adsorção de cobre presente em soluções aquosas**

Marvin Augusto Santos Soares

## **Orientadora**

Professora Doutora Maria da Conceição Mesquita dos Santos

Relatório de Estágio\_apresentado à Escola Superior de Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco) para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de licenciado em Biotecnologia Alimentar, realizada sob a orientação científica da doutora Maria da Conceição Mesquita dos Santos, Professora Adjunta do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

**Outubro, 2020**



## **Agradecimentos**

Foram vários os que contribuíram para o desenvolvimento e concretização do presente trabalho, pelo que quero expressar o meu profundo e sincero agradecimento. Em primeiro lugar, agradeço à minha família, à minha mãe, ao meu pai, ao meu irmão e as minhas primas pelo incentivo constante e pelo esforço e sacrifício no decorrer desta trajetória. À minha orientadora da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco (ESA), a Professora Doutora Maria da Conceição Mesquita dos Santos, pela oportunidade de participar neste projeto e por todo o apoio prestado. À Engenheira Elena Martins do laboratório da Escola Superior Agrária, especial gratidão pela constante orientação, pela partilha de informação e conhecimento, pela disponibilidade, compreensão, dedicação e ensinamentos inestimáveis. Aos colegas da ESA e aos meus amigos, aqueles que estão comigo desde sempre e aos que me acompanharam nos últimos anos, expresso a minha gratidão pela amizade e pelos bons momentos. A todos os que me ajudaram a concretizar este marco importante da minha vida pessoal e profissional, muito obrigado.



## Resumo

O presente trabalho teve como objetivo a avaliação da potencial de utilização de um resíduo de baixo custo como adsorvente para remover cobre de soluções aquosas, procurando contribuir para o desenvolvimento de tecnologias que quando comparadas com os processos tradicionais de remoção de metais pesados de águas residuais (precipitação, eletrólise, permuta iônica, osmose inversa, adsorção) sejam mais baratas, mas que garantam igualmente um desempenho ambiental e contribuam para a gestão sustentável de águas e resíduos. O material utilizado foi a casca de ovo, obtida num estabelecimento de restauração.

Assim foram realizados ensaios de adsorção à escala laboratorial, onde foram avaliados os seguintes parâmetros (i) efeito do pH do meio, (ii) efeito da massa de material adsorvente, (iii) efeito da concentração inicial de  $\text{Cu}^{2+}$  e (iv) tempo de contacto.

Os resultados obtidos evidenciaram que o resíduo tem boa capacidade para remoção do cobre de soluções aquosas quando o pH é controlado quando o pH é controlado num intervalo de valores entre 4,0 e 8,0. A percentagem de remoção do metal, para as diferentes concentrações iniciais de cobre, esteve sempre acima dos 90% para todos os tempos de contacto, observando-se uma tendência para essa percentagem de remoção aumentar à medida que aumentou a concentração inicial de cobre até valores de 50 mg/L. Constatámos que a quantidade de cobre adsorvida por grama de casca ovo aumentou com a concentração inicial de cobre, embora não de forma linear e que a concentração final de cobre diminuiu, para todas as concentrações iniciais ensaiadas, significativamente ao fim de duas horas de contacto, não se observando grandes variações nessa concentração para os outros tempos de contacto. Os resultados também evidenciaram que o aumento da dose de adsorvente não se traduziu num aumento significativo da percentagem de remoção de cobre, que variou entre 97,6% e 98,7%.

## Palavras chave

Adsorção, cobre, casca de ovo, soluções aquosas.

~

## Abstract

The present work aimed to evaluate the potential of low cost adsorbent to remove copper from aqueous solutions, in order to contribute to the development of technologies which, when compared to traditional processes for removing heavy metals from wastewater (precipitation, electrolysis, ion exchange, reverse osmosis, adsorption), are cheaper, but which also guarantee environmental performance and contribute to water and waste sustainable management. The material used was eggshell, obtained from a catering establishment.

Thus, laboratory scale adsorption tests were carried out where the following parameters were evaluated (i) effect of the pH medium, (ii) effect of the mass adsorbent material, (iii)  $\text{Cu}^{2+}$  initial concentration and (iv) contacting time.

The results show that the residue has a very good ability for removing Cu from aqueous solutions when the pH is controlled in the 4.0 – 8.0 range. The metal removal percentage, for the different initial copper concentrations, was always above 90% for all contact times, with a tendency for this removal percentage increase as the initial copper concentration increased to values of 50 mg /L. We found that the amount of copper adsorbed per gram of eggshell increased with the initial copper concentration, although not linearly and that the final copper concentration decreased, for all the initial concentrations tested, significantly after two hours of contact, there are no great variations in this concentration for the other contact times. The results also showed that the increase in the adsorbent dose did not lead to a significant increase in the percentage of copper removal, which varied between 97.6% and 98.7%.

## Keywords

Adsorption, copper, eggshell, aqueous solutions.



## Índice

Agradecimentos.....	III
Resumo.....	V
.....	VI
Abstract.....	VII
Índice de figuras .....	X
Índice de equações .....	XI
Lista de símbolos.....	XII
Lista de tabelas.....	XIII
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos.....	XV
1.Introdução .....	1
2.Revisão bibliográfica.....	4
2.1. Metais pesados – Cobre .....	4
2.2. Processo de adsorção de metais pesados.....	8
2.3. Casca de ovo como adsorvente de metais pesados.....	11
3.Material e métodos .....	13
3.1. Caracterização da casca de ovo .....	13
3.2. Materiais, reagentes e soluções.....	14
3.3. Preparação da casca de ovo .....	14
3.4. Ensaio de adsorção de cobre (Cu <sup>2+</sup> ).....	15
3.4.1. Efeito da variação do pH na adsorção do Cu <sup>2+</sup> .....	16
3.4.2. Efeito da variação da concentração inicial de Cu <sup>2+</sup> (adsorvato) .....	17
3.4.3. Efeito da massa de adsorvente na adsorção de Cu <sup>2+</sup> (adsorvato) .....	17
3.4.4. Cálculo da capacidade de adsorção de cobre (Cu <sup>2+</sup> ) pela casca de ovo .....	18
4.Resultados e discussão.....	19
4.1. Efeito do pH na adsorção de cobre.....	19
4.2. Efeito da concentração inicial de adsorvato (Cobre) .....	22
4.3. Efeito da dose de adsorvente (casca de ovo) na remoção de cobre .....	27
5.Considerações finais.....	30
6. Referências bibliográficas.....	31

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> – Adsorção monocamada (a); Adsorção multicamada (b) (Adaptado de Tavares, 2009) .....	10
<b>Figura 2</b> - Ovo na sua embalagem. ....	14
<b>Figura 3</b> - Casca de ovo antes e após moagem e crivagem.....	15
<b>Figura 4</b> - Solução de cobre e casca de ovo em balão eylemmeys. ....	15
<b>Figura 5</b> - Solução no agitador mecânico orbital. ....	16
<b>Figura 6</b> - Variação da concentração média final de cobre para diferentes valores de pH e diferentes tempos de contacto.....	19
<b>Figura 7</b> - Efeito do pH na percentagem de remoção de cobre.....	21
<b>Figura 8</b> - Variação da condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) das soluções com diferentes valores de pH ao longo do tempo.....	22
<b>Figura 9</b> - Efeito da concentração inicial de adsorvato na concentração final de cobre na solução aquosa.....	22
<b>Figura 10</b> - Eficiência de remoção de cobre em função da concentração de cobre .....	25
<b>Figura 11</b> - Efeito da dose de adsorvente sobre a concentração final de cobre para diferentes tempos de contacto.....	27

## Índice de equações

Equação 1 .....	18
Equação 2 .....	18

## Lista de símbolos

$\emptyset$	Diâmetro
$q$	Capacidade de adsorção
$C_0$	Concentração inicial
$C_e$	Concentração final
$m$	Massa
$\eta$	Porcentagem de remoção

## Lista de tabelas

<b>Tabela 1</b> – Origem de alguns metais pesados e respetivos efeitos na saúde.....	5
<b>Tabela 2</b> – Metais pesados e principais efeitos na saúde humana e no ambiente .....	6
<b>Tabela 3</b> – Limites de descarga para metais pesados em massas de água (Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de agosto).....	8
<b>Tabela 4</b> - Variação da concentração média final a diferentes valores de pH e para diferentes tempos de contacto .....	20
<b>Tabela 5</b> - % de remoção de cobre pela casca de ovo em função do pH inicial da solução aquosa de cobre .....	20
<b>Tabela 6</b> - Remoção mássica de cobre por massa da casca de ovo .....	21
<b>Tabela 7</b> - Variação da concentração final de cobre com a concentração inicial de cobre na solução aquosa ao longo dos diferentes tempos de contacto.....	24
<b>Tabela 8</b> - Quantidade de cobre adsorvido por grama de material adsorventes solução aquosa.....	26
<b>Tabela 9</b> - Concentração final de Cu face ao tempo de contacto com diferentes massas de adsorvente para uma concentração inicial de 20 mg/L.....	28
<b>Tabela 10</b> - Evolução da CE, % remoção e quantidade de Cu adsorvida ao longo do tempo .....	29



## Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

VLE	Valor Limite de Emissão
DQR	Diretiva Quadro” Resíduo”
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
RSC	Royal Society of Chemistry