

# Fitoextração de níquel por uma população nativa de *Alyssum serpyllifolium* subsp. *lusitanicum* em solos ultramáficos (Portugal): perspectivas para fitomineração

## Nickel phytoextraction by a native population of *Alyssum serpyllifolium* subsp. *lusitanicum* on ultramafic soils (Portugal): prospects for phytomining

P. J. C. Favas<sup>1,2,\*</sup>, I. Morais<sup>1</sup>, J. Campos<sup>1</sup>, J. Pratas<sup>1,3</sup>

Recebido em 20/02/2018 / Aceite em 16/12/2019

Publicado em agosto de 2020

© 2020 LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia IP

Artigo original  
Original article

**Resumo:** Este estudo teve os seguintes objetivos: (1) investigar a relação entre as concentrações de níquel (Ni) nos solos e na planta *Alyssum serpyllifolium* ssp. *lusitanicum* em regiões ultramáficas de Portugal; (2) avaliar o potencial da espécie como bio-minério, para fitomineração de Ni. Esta espécie é endêmica dos solos serpentiniticos dos maciços de Bragança e Morais, sendo hiperacumuladora de Ni. Em condições de campo, os resultados mostram que, considerando as partes aéreas da planta, a biomassa varia entre 4,08 e 9,37 t ha<sup>-1</sup>, contendo entre 0,25% e 1,23% de Ni, permitindo uma extração entre 12,2 e 98,1 kg de Ni por hectare por cultura. A quantidade de Ni extraído pela planta é semelhante em ambas as regiões ultramáficas, correspondendo ao valor médio de 580 USD por hectare (preços de janeiro 2018). Os resultados indicam que alguns terrenos destas áreas ultramáficas são potenciais produtores de Ni a partir desta espécie endêmica.

**Palavras chave:** Agromineração, bio-minério, fitotecnologia, flora serpentinitica, hiperacumulação.

**Abstract:** The present study had the following objectives: (1) to investigate the relationship between nickel (Ni) concentration in the soil and the concentration in the plant (*Alyssum serpyllifolium* ssp. *lusitanicum*) in ultramafic areas of Portugal; and (2) to assess the potential of this species for Ni phytomining as bio-ore. This species is endemic to serpentine soils of the Bragança and Morais massifs and is a Ni hyperaccumulator that can accumulate more than 12000 mg kg<sup>-1</sup> (dry weight). Under natural conditions, the results show that considering only the aerial parts of the plant, the biomass varies between 4.08-9.37 t ha<sup>-1</sup>, containing a range of 0.25-1.23% Ni, allowing a withdrawal of between 12.2-98.1 kg Ni ha<sup>-1</sup> per crop under natural conditions. The amount of Ni extracted by the plant is similar in both ultramafic areas, having a mean value of approximately \$US 580 per ha considering the January 2018 Ni prices. The results of this study indicate that some of the land in these ultramafic areas are potential producers of Ni from this endemic species.

**Keywords:** Agromining, bio-ore, hyperaccumulation, phytotechnology, serpentine flora.

<sup>3</sup> Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, 3000-272 Coimbra, Portugal.

\* Autor correspondente/corresponding author: [pjcf@utad.pt](mailto:pjcf@utad.pt)

### 1. Introdução

Nas duas últimas décadas têm sido realizados alguns estudos com a finalidade de avaliar o potencial fitotecnológico das espécies hiperacumuladoras, nomeadamente com o objetivo de aferir a sua capacidade de fitoextração de elementos tóxicos, assim como a viabilidade da recuperação económica de metais valiosos através de fitomineração. Em Portugal, a capacidade da espécie *Alyssum serpyllifolium* Desf. subsp. *lusitanicum* T.R.Dudley & P.Silva como hiperacumuladora de Ni é conhecida pela comunidade científica, pelo menos desde a década de 1960 (Sequeira, 1969). Partindo deste conhecimento, o presente estudo teve os seguintes objetivos: (1) investigar a relação entre as concentrações de Ni nos solos e nas plantas em regiões ultramáficas de Portugal; e (2) avaliar o potencial da espécie como bio-minério, para a fitomineração de Ni.

### 2. Materiais e métodos

As áreas estudadas situam-se no nordeste de Portugal Continental, no distrito de Bragança, numa região com uma geologia e flora características. As rochas ultramáficas deste território estão representadas nos conhecidos maciços de Bragança e Morais. A espécie *A. serpyllifolium* ssp. *lusitanicum* é endêmica dos solos serpentiniticos que ocorrem nestes maciços.

Colheram-se amostras de solo (0-20 cm de profundidade) e de *A. serpyllifolium* ssp. *lusitanicum* em 62 locais nas áreas estudadas. A amostragem do material vegetal incidiu sobre a totalidade das plantas, considerando apenas exemplares de maturidade idêntica e a separação dos diferentes tipos de tecidos/órgãos (partes aéreas e raízes).

Em laboratório, as amostras de solos foram secas em estufa e peneiradas (<180 µm). As amostras das plantas foram cuidadosa-

<sup>1</sup> MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, 3004-517 Coimbra, Portugal.

<sup>2</sup> Departamento de Geologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000-801 Vila Real, Portugal.

mente lavadas. O material vegetal foi depois seco em estufa, pesado para o cálculo da biomassa e moído. Os procedimentos metodológicos detalhados podem ser consultados em Morais *et al.* (2015). As concentrações pseudo-totais dos elementos químicos nos solos foram obtidas por espectrofotometria de absorção atômica (EAA), após digestão das amostras com *aqua regia*. Efetuaram-se também extrações químicas parciais, com acetato de amónio, de forma a determinarem-se as frações potencialmente biodisponíveis. A digestão das amostras de plantas foi efetuada com a mistura HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, sendo as determinações analíticas obtidas também por EAA.

### 3. Resultados e discussão

Considerando os 62 locais de amostragem, confirmam-se as variações espaciais identificadas num estudo prévio (Morais *et al.*, 2015) e verifica-se que o Ni é o metal com maior biodisponibilidade potencial quando comparado com os restantes metais (Tab. 1), nomeadamente o cobalto (Co) e o crómio (Cr). Relativamente ao material vegetal (Tab. 1), destacam-se as concentrações de Ni, claramente identificadoras de um padrão de hiperacumulação (>1000 mg kg<sup>-1</sup>). Estas concentrações são das mesmas ordens de grandeza que as encontradas em outros estudos, na mesma espécie (*e.g.*, Sequeira 1969; Morais *et al.*, 2015).

Nas condições naturais de campo (*i.e.*, sem a adição de fertilizantes ou outros agroquímicos), os resultados mostram que, considerando apenas as partes aéreas da planta, a biomassa (em peso seco) varia entre 4,08 e 9,37 t ha<sup>-1</sup>, contendo entre 0,25% e 1,23% de Ni (Tab. 2). Com base nestes valores, é possível calcular a quantidade de Ni extraído pelas plantas e contida nas suas partes aéreas, por cada hectare. Portanto, as condições naturais de campo permitem uma extração entre 12,2 e 98,1 kg de Ni por hectare por cultura (Tab. 2). Considerando os preços do Ni em janeiro de 2018, consegue obter-se um retorno económico a variar entre, aproximadamente, 156 USD e 1250 USD (valores ilíquidos), com um valor médio de cerca de 580 USD por hectare, por cultura (Tab. 2).

### 4. Conclusões

Alguns dos terrenos das áreas estudadas apresentam potencial para produção de Ni, por fitomineração, com recurso à espécie *A. serpyllifolium* ssp. *lusitanicum*. Uma característica relevante deste trabalho é o facto de se centrar no conteúdo de Ni de toda a parte aérea das plantas, uma vez que, do ponto de vista da fitomineração, é importante ter dados realistas sobre as partes da planta que realmente podem ser colhidas e processadas como bio-minério.

Tabela 1. Concentrações de Co, Cr e Ni nos solos e nas partes aéreas de *Alyssum serpyllifolium* subsp. *lusitanicum* dos maciços ultramáficos de Bragança e Morais.

Table 1. Concentrations of Co, Cr and Ni in the soils and shoots of *Alyssum serpyllifolium* subsp. *lusitanicum* from Bragança and Morais ultramafic massifs.

	Solo (n = 62)			<i>A. serpyllifolium</i> ssp. <i>lusitanicum</i> (n = 62)					
	Pseudo-total (mg kg <sup>-1</sup> )		Biodisponível (mg kg <sup>-1</sup> )				Partes aéreas (mg kg <sup>-1</sup> , peso seco)		
	Co	Cr	Ni	Co	Cr	Ni	Co	Cr	Ni
Mínimo	34,2	107	706	0,01	0,55	5,01	0,14	0,06	2497
Máximo	309	1372	3516	7,05	6,65	185	87,2	42,5	12261
Média	107	527	1855	1,96	2,12	51,7	10,9	7,27	6253
Mediana	101	462	1766	1,39	1,73	39,8	9,68	5,69	5600
Desvio padrão	58,5	272	736	1,76	1,25	41,2	12,4	6,19	2444

Tabela 2. Valores de biomassa, acumulação de Ni na planta, quantidade de Ni extraído pela planta e o seu valor económico (n = 62).

Table 2. Values of the biomass, the Ni accumulation in plants, the Ni phytoextraction yield, and their economic value (n = 62).

	Biomassa (kg ha <sup>-1</sup> , peso seco)	Concentração de Ni (mg kg <sup>-1</sup> , peso seco)	Fitoextração de Ni (kg ha <sup>-1</sup> )	Valor económico (USD ha <sup>-1</sup> )
Mínimo	4080	2497	12,2	156
Máximo	9370	12261	98,1	1250
Média	7265	6253	45,5	580
Mediana	7920	5600	43,0	549
Desvio padrão	1590	2444	19,9	254

### Agradecimentos

Este estudo teve o apoio da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), através do programa estratégico UID/MAR/04292/2019 concedido ao MARE.

### References

- Morais, I., Campos, J. S., Favas, P. J. C., Pratas, J., Pita, F., Prasad, M. N. V., 2015. Nickel accumulation by *Alyssum serpyllifolium* subsp. *lusitanicum* (Brassicaceae) from serpentine soils of Bragança and Morais (Portugal) ultramafic massifs: plant–soil relationships and prospects for phytomining. *Australian Journal of Botany*, **63**: 17-30.
- Sequeira, E. M., 1969. Toxicity and movement of heavy metals in serpentine soils (north-eastern Portugal). *Agronomia Lusitana*, **30**: 115-154.