

## **ESTUDOS DE BIOACUMULAÇÃO DE METAIS PESADOS (Zn e Pb) EM ALFACE UTILIZANDO CULTIVO HIDROPÔNICO**

**Suzana de Oliveira AGUIAR (1); Francisco Adilton Nascimento BARBOSA (2); Almi Freire  
de LIMA (3); Mabel Calina de França PAZ (4); Rinaldo dos Santos ARAÚJO (5)**

- (1) Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, Avenida 13 de Maio, 2081, Benfica, 60411-220, Fortaleza-CE-  
Brasil. Fone: (85) 33073611, Fax: (85) 33073633, e-mail: [suzanasaint@msn.com](mailto:suzanasaint@msn.com)  
(2) Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, e-mail: [franciscoadilton@ig.com.br](mailto:franciscoadilton@ig.com.br)  
(3) Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, [almi@cefetce.br](mailto:almi@cefetce.br)  
(4) Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, [mabel@cefetce.br](mailto:mabel@cefetce.br)  
(5) Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, e-mail: [rinaldo@cefetce.br](mailto:rinaldo@cefetce.br)

### **RESUMO**

O termo “metal” tem sido usado para tratar de alguns elementos químicos presentes em baixas concentrações em solos, águas, plantas e animais. Comumente, quando os metais são lançados no solo e na água, os mesmos são absorvidos por vegetais e animais, provocando intoxicações ao longo da cadeia alimentar. Neste contexto, este estudo está focado no uso da hidroponia para remoção de metais da água estabelecendo conhecimentos técnicos sobre a capacidade bioacumulativa da alface. Experimentalmente, foi selecionada como espécie vegetal a alface (*Lactuca sativa* L.) e estudou-se a absorção do zinco e do chumbo utilizando cultivo hidropônico. Durante o experimento, foi monitorado o pH e a condutividade elétrica da solução nutritiva. Experimentalmente foi observado que a aplicação de chumbo e zinco na solução nutritiva interferiu significativamente no crescimento das plantas de alface. O zinco revelou-se tóxico na quantidade de 150 ppm o que foi evidenciado pelos valores muito baixos de matéria fresca e seca, além do aparecimento de necroses e manchas nas folhas. Da mesma forma, o tratamento com 25 ppm de chumbo mostrou-se tóxico para as plantas, e novamente foram encontrados valores baixos de matéria fresca e seca.

**Palavras-chave:** alface, zinco, chumbo, hidroponia, bioacumulação

## 1. INTRODUÇÃO

O termo “metal” tem sido usado freqüentemente para tratar de alguns elementos químicos presentes em baixas concentrações em solos, águas, plantas e animais, estando presentes naturalmente em solos e em sistemas aquáticos superficiais e sub-superficiais, mesmo que não haja perturbação antrópica do ambiente. O aumento da concentração destas espécies químicas pode ocorrer tanto em razões de processos naturais quanto por atividades antropogênicas.

Os processos naturais que contribuem para o aparecimento de metais nos sistemas aquáticos envolvem a decomposição de rochas e a lixiviação no perfil do solo, enquanto as fontes antropogênicas estão associadas, principalmente, a atividades de mineração e industriais, além da geração de efluentes oriundos da atividade doméstica, hospitalar, industrial, etc. Os metais pesados são altamente reativos e bioacumulativos, ou seja, o organismo não tem a capacidade de eliminá-los.

O solo e a água são palcos de reações complexas que lhes impõem uma dinâmica química, física e biológica. A poluição dos sistemas aquáticos por metais é um importante fator que afeta tanto o ciclo geoquímico desses elementos quanto à qualidade ambiental. Os solos possuem características únicas quando comparados aos outros componentes da biosfera (ar, água e biota), pois se apresentam não apenas como um dreno para contaminantes, mas também como tampões naturais que controlam o transporte de elementos químicos e outras substâncias para a atmosfera, hidrosfera e biota. Comumente quando os metais são lançados como resíduos industriais no solo e na água, esses elementos podem ser absorvidos pelos vegetais e animais, provocando intoxicações ao longo da cadeia alimentar. Em consequência, é crescente a atenção de todos os setores da sociedade quanto aos perigos contra a saúde e danos ocasionados ao meio ambiente. Em tempo, estudos de bioacumulação por plantas, através da hidroponia e do cultivo tradicional são realizados como técnica de remoção de metais pesados da água e do solo. As plantas exercem importante papel na remoção de substâncias dissolvidas, assimilando-as e incorporando-as à sua biomassa. O aguapé (*Eichhornia crassipes*), por exemplo, é capaz de retirar quantidades consideráveis de fenóis e metais pesados da água. Os poluentes são removidos por vários mecanismos físicos, químicos e biológicos característicos do sistema. As raízes e folhas da planta têm um papel importante na assimilação, degradação e remoção dos poluentes.

A hidroponia é uma técnica de cultivo em que o solo é substituído por uma solução nutritiva contendo os elementos essenciais para o desenvolvimento da planta. A alface é a hortaliça folhosa mais cultivada pelo cultivo hidropônico, utilizando o sistema NFT (*nutrient film technique*), no qual as raízes ficam submersas em uma fina lâmina de solução nutritiva.

Neste contexto, o estudo está focado no estudo da hidroponia da alface para remoção de metais (Zn e Pb) da água, estabelecendo conhecimentos técnicos (agronômicos, químicos e tecnológicos), sobre capacidade bioacumulativa da planta estudada, de tal forma a se propor ou constituir tecnologias eficientes de monitoramento na pesquisa agrícola e de redução do impacto ambiental, assim como a melhoria das propriedades físico químicas do solo, da água e a posterior re-utilização dos mesmos para seus diversos fins são consequências naturais do estudo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Estudos realizados por Lopes et al. (2003) avaliaram o desempenho de seis cultivares de alface do grupo americana na produção de matéria seca e fresca da parte aérea, bem como a concentração e absorção de macro e micronutrientes em sistema hidropônico. Os autores observaram que não houve diferença estatística entre as cultivares para absorção dos nutrientes N, P, K e Mn. Nos nutrientes Ca, Mg, Cu e Zn ocorreu grande variação na concentração. Na mesma linha de estudo, Furlani et al. (1999) verificaram que a absorção de nutrientes, em cultivos hidropônicos, é muito influenciada pela espécie vegetal, cultivares e ambiente, sendo proporcional à concentração de nutrientes na solução próxima às raízes. Gardea-Torresdey et al. (2005) estudaram a fitorremediação de metais pesados por espectrofotometria de absorção de raios-X para o levantamento de informações importantes sobre o fluxo de metais na planta e suas interações com os sistemas de fitorremediação. Nesse estudo, plantas como *E. crassipes* e *A. filiculoides* demonstraram alta capacidade de absorção de Cd, Cu, Ni e Zn da água de lagoas. Espécies como a *Thlaspi*, *S. vulgaris*, *Prosopis spp*, *S. Kali*, *B. juncea*, *B. napus*, *Salix spp* e *Populus spp* provaram ser eficientes absorvendo esses metais de solos poluídos. Outra importante pesquisa foi realizada por Beninni et al. (2005). Neste trabalho os autores determinaram a concentração e o acúmulo dos macronutrientes em alface cv. *Verônica* ao longo

do seu desenvolvimento. As plantas foram cultivadas em sistemas hidropônico e convencional, observando-se que no sistema convencional o acúmulo de matéria seca da parte aérea foi lento no início do ciclo de desenvolvimento e rápido na última semana de monitoramento. Todos os nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) avaliados nas plantas cultivadas no sistema hidropônico apresentaram acúmulo lento até os 21 dias após transplante, tornando-se mais intenso após este período. O acúmulo de todos os macronutrientes em plantas cultivadas pelo sistema hidropônico foram superiores àqueles de cultivo convencional. Estudos realizados por Grangeiro et al, (2003) avaliaram o desempenho da rúcula sob diferentes concentrações de cobre na solução nutritiva, em cultivo hidropônico, onde foi observado que a produção de matéria seca da parte aérea foi significativamente influenciada pelo aumento das concentrações de cobre e os teores de cobre na parte aérea aumentaram com as concentrações do metal na solução. Soares et al. (2001) avaliaram em casa-de-vegetação o acúmulo e distribuição de metais pesados nas raízes, caule e folhas de mudas de vinte espécies arbóreas tropicais crescendo em solo contaminado com metais pesados. Em espécies como *Machaerium nictidans*, *Myroxylon peruiferum*, *Piptadenia gonoacantha*, *Senna macranthera* e *Trema micrantha*, que tiveram o crescimento muito inibido pela contaminação, houve elevada translocação de Zn e/ou Cd para parte aérea. *Acacia mangium*, *Copaifera langsdorffii* e *Cedrella fissilis* apresentaram baixa sensibilidade à contaminação e apresentaram elevado acúmulo de Zn e Cd nas raízes, indicando que a baixa translocação desses elementos para a parte aérea está envolvida na tolerância dessas espécies ao excesso de metais pesados no solo.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Formulação da solução nutritiva para cultivo de alface

A Tabela 1 apresenta as concentrações dos reagentes utilizados no preparo da solução nutritiva para o cultivo da alface hidropônico.

**Tabela 1 - Concentração dos reagentes utilizados na solução nutritiva.**

Reagentes	Concentração (g/1000L)
Nitrato de Cálcio	780
Nitrato de Potássio	468
Fosfato de Monoamônio	117
Sulfato de Magnésio	312
Ácido Bórico	2,00
Sulfato de Zinco	0,50
Sulfato de Cobre	0,10
Sulfato de Manganês	2,00
Molibdato de Sódio	0,10
Ferro-EDTA (20% Fe)	25,00

\* Fonte: Alface Cultivo Hidropônico (SOARES, 2002).

#### 3.2. Cultivo hidropônico da alface

O experimento foi conduzido no sistema NFT (fluxo laminar de nutrientes), em ambiente tipo casa de vegetação na área experimental do Centro de Estudos Ambientais (CEA - Renascer) do Centro Federal Tecnológico do Ceará, localizado no bairro Dias Macedo, zona urbana de Fortaleza. A estufa era revestida por tela sombrite e apresentava as seguintes dimensões: seis metros de comprimento e um metro de largura. Para o cultivo hidropônico foram utilizadas sementes peletizadas de alface tipo crespa, cultivar *Verônica*. A semeadura foi realizada em bandejas de isopor de 200 células contendo vermiculita média. A irrigação foi feita duas vezes ao dia com água potável. Cinco dias após a germinação, as bandejas com as plântulas foram transferidas para as piscinas. O pH da solução nutritiva em uso nas piscinas foi corrigido entre 5,5 a 6,5 adicionando-se HNO<sub>3</sub> ou KOH para reduzir ou elevar o pH, respectivamente. A condutividade elétrica (CE)

da solução foi ajustada entre 1,4 a 1,6 mS/cm adicionando-se água. O transplântio para as canaletas de cultivo foi realizado depois da permanência de 15 a 18 dias nas piscinas. As canaletas de cultivo foram constituídas por canos de PVC de 10 cm de diâmetro e quatro metros de comprimento com declividade de 3%, cortados longitudinalmente, e cobertas por placas de PVC. As mudas foram colocadas sob espaçamento de 20 cm. A circulação da solução nutritiva foi realizada por uma bomba e controlada por um temporizador que durante o dia a mantinha 15 minutos ligada e 15 minutos desligada e, à noite 10 minutos ligada e uma hora desligada. A CE da solução nutritiva em uso nas canaletas foi ajustada entre 1,6 a 1,8 mS/cm e o pH foi corrigido entre 5,5 a 6,5. As plantas permaneceram nas canaletas por 7 dias, embora a permanência necessária para o cultivo seja de cerca de 20 dias. Foram realizados três tratamentos: um controle, um tratamento constituído de solução nutritiva contendo 25 ppm de chumbo e um tratamento constituído de solução nutritiva contendo 150 ppm de zinco.

#### **4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS**

Nos itens a seguir serão apresentados os principais resultados obtidos na pesquisa do cultivo hidropônico da alface.

##### **4.1. Avaliação do crescimento (caracterização via análises de matéria fresca, matéria seca, teor de nutrientes e níveis de metais contaminantes)**

###### **4.1.1. Avaliação da matéria fresca e matéria seca**

A matéria fresca foi determinada pesando-se a parte aérea de cada planta, utilizando-se balança analítica. Para a determinação da matéria seca, as plantas foram separadas em parte aérea e raiz, e secas em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65°C até atingirem peso constante. Foi determinada, apenas, a matéria fresca e seca da parte aérea da alface. A Tabela 2 mostra os valores obtidos nesse estudo.

**Tabela 2 – Variação dos teores de matéria fresca e matéria seca da alface hidropônica.**

<b>Tratamento (tipo)</b>	<b>Matéria fresca (g.parte aérea<sup>-1</sup>)</b>	<b>Matéria seca (g.parte aérea<sup>-1</sup>)</b>
Controle	15,25	0,88
Solução nutritiva com 25ppm de chumbo	2,70	0,20
Solução nutritiva com 150ppm de zinco	1,23	0,12

A Tabela 2 mostra que a contaminação da solução nutritiva com chumbo proporcionou uma diminuição na quantidade de matéria fresca de cerca de 80% e diminuição da matéria seca de aproximadamente 77%. Já a contaminação com 150 ppm de zinco mostrou-se mais tóxica, apresentando uma diminuição na quantidade de matéria fresca de aproximadamente 92% e diminuição de matéria seca de quase 86%. Assim, observa-se que as doses de chumbo (25 ppm) e zinco (150 ppm) em soluções nutritivas para cultivo da alface são inadequadas para o cultivo, pois inibem o desenvolvimento da planta nas condições estudadas.

###### **4.1.2. Avaliação da concentração de nutrientes e dos metais contaminantes**

Após análise a matéria seca, as plantas foram moídas e digeridas em mistura HCl + HNO<sub>3</sub> (3:1). Em seguida, completou-se o volume até 50 mL com água ultra pura. Foi realizada análise dos nutrientes e dos metais contaminantes utilizando espectroscopia de absorção atômica em equipamento GBC 932AA. A Tabela 3 mostra os valores obtidos na análise do extrato vegetal da alface.

**Tabela 3 - Análise dos nutrientes e dos contaminantes.**

Tratamento (tipo)	Nutrientes (mg.g de parte aérea <sup>-1</sup> )					Contaminante (mg.g de parte aérea <sup>-1</sup> )	
	K	Ca	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb
Controle	63,92	12,50	0,973	0,275	0,021	0,125	Não detectado
Solução nutritiva com 25 ppm de chumbo	65,17	11,60	0,430	0,142	0,014	0,077	0,097
Solução nutritiva com 150 ppm de zinco	44,62	9,001	0,420	0,009	0,040	1,627	Não detectado

A aplicação de chumbo e zinco na solução nutritiva utilizada na hidroponia interferiu significativamente no crescimento das plantas de alface. O zinco revelou ser tóxico na quantidade de 150 ppm devido as alfaces terem apresentado valores muito baixos de matéria fresca e seca, além de ter causado necroses e manchas nas folhas. O manganês foi o nutriente mais afetado apresentando valor trinta vezes menor que o obtido pelo experimento controle. As alfaces cultivadas com dose de zinco apresentaram menores quantidades de nutrientes para a maioria dos mesmos, com exceção do próprio zinco que apresentou valor elevado. Essa carência de manganês e a elevada quantidade de zinco nesse tratamento podem ter sido a causa das cloroses e do aparecimento de pontos necróticos nas folhas. Já o tratamento com 25 ppm de chumbo mostrou ser tóxico para as plantas, pois as mesmas também apresentaram valores baixos de matéria fresca e seca. No caso do tratamento com chumbo, não foi observada manchas e necroses nas folhas, embora a dose de chumbo tenha influenciado na absorção dos nutrientes pela alface, principalmente os micronutrientes. Desta forma a carência dos micronutrientes, em geral, associada à presença do chumbo pode ter sido a causa da baixa taxa de crescimento da planta.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados obtidos permitem concluir que o tratamento hidropônico sob concentrações de 150 ppm de zinco proporcionou maior dano ao desenvolvimento da alface, principalmente devido à incidência de manchas e necroses nas folhas. No tratamento com 25 ppm de chumbo embora não tenha sido constatado o aparecimento de manchas e pontos necróticos, os efeitos tóxicos foram mais significativos sobre os teores de matéria fresca que se mostraram sensivelmente mais baixos quando comparados ao tratamento controle. Em geral, o cultivo hidropônico da alface pode ser considerado promissor e aponta para a execução adequada das metodologias experimentais implantadas.

#### **REFERÊNCIAS**

Ali, N. A., Bernal, M. P., Ater, M. Tolerance and bioaccumulation of cadmium by *Phragmites australis* grown in the presence of elevated concentrations of cadmium, copper, and zinc. *Aquatic Botany*, 80, 163-176, 2004.

An, Y., Kim, Y., Kwon, T., Jeong, S. Combined effect of copper, cadmium, and lead upon *Cucumis sativus* growth and bioaccumulation. *Science of the Total Environment*, 326, 85-93, 2004.

Backes, F. A. A. L., Santos, O. S., Pilau, F. G., Bonnacarrère, R. A. G., Medeiros, S. L. P., Fagan, E. B. Reposição de nutrientes em solução nutritiva para o cultivo hidropônico de alface. *Ciência Rural*, 34, 5, 1407-1414, 2004.

Beninni, E. R. Y., Takahashi, H. W., Neves, C. S. V. J. Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface cultivada em sistemas hidropônicos e convencional. *Ciências Agrárias*, 26, 3, 273-282, 2005.

Beninni, E. R. Y., Takahashi, H. W., Neves, C. S. V. J. Manejo do cálcio em alface de cultivo hidropônico. *Horticultura Brasileira*, 21, 4, 605-610, 2003.

Campêlo, J. E. G., Oliveira, J. C. G., Rocha, A. S., Carvalho, J. F., Moura, G. C., Oliveira, M. E., Silva, J. A. L., Moura, J. W. S., Costa, V. M., Uchoa, L. M. Forragem de milho hidropônico produzida com diferentes substratos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 2, 276-281, 2007.

Furlani, P. R., Silveira, L. C. P., Bolonhezi, D., Faquin, V. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas. *Informe agropecuário*, 20, 200-201, 1999.

Gardea-Torresdey, J. L., Peralta-Videa, J. R., Rosa, G., Parsons, J. G. Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by X-ray absorption spectroscopy. *Coordination Chemistry Reviews*, 249, 1797-1810, 2005.

Gonçalves, A. C., Pessoa, A. C. S. Fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e crômio, em soja cultivada em argissolo vermelho eutrófico a partir de adubos comerciais. *Scientia Agraria*, 3, 1-2, 19-23, 2002.

Gonçalves, A. C., Prestes, A. L., Trautmann, R. R., Santos, A. L., Andreotti, M. Avaliação de extratores e fitodisponibilidade de zinco para cultura do milho em Latossolo Vermelho eutroférico. *Acta Sci. Agron.*, 28, 1, 7-12, 2006.

Gonzalez-Mendoza, D., Ceja-Moreno, V., Gold-Bouchot, G., Escobedo-GraciaMedrano, R. M., Del-Rio, M., Valdés-Lozano, D., Zapata-Perez, O. The influence of radical architecture on cadmium bioaccumulation in the black mangrove, *Avicennia germinans* L. *Chemosphere*, 67, 330-334, 2007.

Grangeiro, L. C., Costa, C. C., Filho, A. B. C., Grilli, G. V. G., Coelho, R. L., Bergamin, L. G. Produção de rúcula em hidroponia com diferentes concentrações de cobre. *Horticultura Brasileira*, 21, 1, 69-72, 2003.

Hillmann, M. **Aplicação do método de custeio baseado em atividades na produção de alface orgânica.** Dissertação de Mestrado, UFRGS, Porto Alegre, 95p, 2003.

Islam, E., Yang, X., Li, T., Liu, D., Jin, X., Meng, F. Effect of Pb toxicity on root morphology, physiology and ultrastructure in the two ecotypes of *Elsholtzia argyi*. *Journal of Hazardous Materials*, 147, 3, 806-816, 2007.

January, M. C., Cutright, T. J., Keulen, H. V., Wei, R. Hydroponic phytoremediation of Cd, Cr, Ni, As, and Fe: Can *Helianthus annuus* hyperaccumulate multiple heavy metals?. *Chemosphere*, 70, 3, 531-537, 2008.

Júnior, A. A. B., Tôrres, A. N. L., Fonseca, J. A., Teixeira, J. R. Crescimento e teores de nutrientes em tecido de alface pela aplicação de calcário e resíduos de reciclagem de papel num solo ácido. Revista de Ciências Agroveterinárias, 5, 1, 9-15, 2006.

Lopes, M. C., Freier, M., Matte, J. D., Gärtner, M., Franzener, G., Casimiro, E. L. N., Seignani, A. Acúmulo de nutrientes por cultivares de alface em cultivo hidropônico no inverno. Horticultura Brasileira, Brasília, 21, 2, 211-215, 2003.

MacFarlane, G. R., Burchett, M. D. Cellular distribution of copper, lead and zinc in the grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. Aquatic Botany, 68, 45-59, 2000.

Marchiol, L., Assolari, S., Sacco, P., Zerbi, G. Phytoextraction of heavy metals by canola (*Brassica napus*) and radish (*Raphanus sativus*) grown on multicontaminated soil. Environmental Pollution, 132, 21-27, 2004.

Moreira, M. A., Fontes, P. C. R., Camargos, M. I. Interação zinco e fósforo em solução nutritiva influenciando o crescimento e a produtividade da alface. Pesq. Agropec. Bras, 36, 6, 903-909, 2001.

Nascimento, C. W. A., Xing, B. Phytoextraction: a review on enhanced metal availability and plant accumulation. Scientia Agricola, 63, 3, 299-311, 2006.

Neto, C. O. A., Melo, H. N. S., Oliveira, F. K. D., Filho, C. P. M., Pereira, M. G. Hidroponia forrageira com efluente de filtro anaeróbio. Anais do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003.

Paz, M. C. F. **Avaliação das propriedades microbiológicas, biológicas e agrônômicas de quatro compostos orgânicos do estado da Paraíba.** Dissertação de Mestrado, UFPB, Areia, 88p, 1998.

Pendergrass, A., Butcher, D. J. Uptake of lead and arsenic in food plants grown in contaminated soil from Barber Orchard, NC. Microchemical Journal, 83, 14-16, 2006.

Peralta-Videa, J. R., Rosa, G., Gonzalez, J. H., Gardea-Torresdey, J. L. Effects of the growth stage on the heavy metal tolerance of alfalfa plants. Advances in Environmental Research, 8, 679-685, 2004.

Samecka-Cymerman, A., Kempers, A. J. Toxic metals in aquatic plants surviving in surface water polluted by copper mining industry. Ecotoxicology and Environmental Safety, 59, 64-69, 2004.

Shanker, A. K., Cervantes, C., Loza-Tavera, H., Avudainayagam, S. Chromium toxicity in plants. Environment International, 31, 739-753, 2005.

Silva, F. C. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes.** Ed. Embrapa. Brasília, 1999.

Soares, C. R. F. S., Accioly, A. M. A., Marques, T. C. L. L. S. M., Siqueira, J. O., Moreira, F. M. S. Acúmulo e distribuição de metais pesados nas raízes, caule e folhas de mudas de árvores em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, 13, 3, 2001.

Soares, Ismail. **Alface Cultivo Hidropônico.** Ed. UFC. Fortaleza, 2002.

Wei, S., Silva, J. A. T., Zhou, Q. Agro-improving method of phytoextracting heavy metal contaminated soil. Journal of Hazardous Materials, 150, 3, 662-668, 2008.

### **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq ( Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo financiamento (bolsa concedida) durante a execução do trabalho.