

# CRESCIMENTO DE *Schinus terebinthifolius* RADDI (ANACARDIACEAE) EM SOLO CONTAMINADO COM PETRÓLEO

Liege da Silva Oliveira<sup>1</sup>, Cleusa Bona<sup>2</sup>, Gedir de Oliveira Santos<sup>3</sup>, Henrique Soares Koehler<sup>4</sup>

## Resumo

Em julho de 2000, aconteceu um derramamento de petróleo no oleoduto localizado no município de Araucária - PR - Brasil. Foram derramados aproximadamente 4 milhões de litros de petróleo, dos quais 2 milhões e 700 mil litros penetraram no solo. A proposta deste trabalho foi analisar o crescimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em solo contaminado e não contaminado com petróleo, com e sem adição de adubo. O solo usado para a montagem do experimento foi coletado na região do acidente e transferido à estufa. As variáveis analisadas foram: taxa de sobrevivência, altura e diâmetro do caule, biomassa da planta, morfologia da raiz e taxa clorofila. Análises químicas foram realizadas no solo e nas folhas. A análise de variância foi realizada de acordo com o modelo estatístico do delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e oito repetições. O teste de Bartlett foi usado para testar a homogeneidade das variâncias. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey 5% probabilidade. As plantas crescidas em solo contaminado com petróleo tiveram o crescimento prejudicado com decréscimo de biomassa. *Schinus terebinthifolius* mostrou ser uma planta tolerante à contaminação do solo com petróleo e a adubação não favoreceu o crescimento das plantas nesse solo.

**Palavras-chave:** contaminação com petróleo; poluição do solo; anacardiaceae.

## Abstract

In July 2000, a petroleum spill occurred in the petroleum pipeline located in Araucária – PR - Brazil. Approximately 4 million petroleum liters were spilled from which, 2.700.000 penetrated in the soil. The aim of this study was analysing the growth of the seedling of *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) growing in petroleum contaminated soil and non-contaminated soil, with or without compost addiction. The soil used in the experiment was collected in the accident area, put into plastic bags and transferred to the greenhouse. The varieties analysed were: survival rate; stem height; stem diameter, biomass, morphological root and rates chorophyl. Soil and leaf chemical analyses were carried out. Statistical analysis was done at random with four treatments and eight repetitions. The Bartlett test was used to test the variance homogeneity. The average was compared by Tukey test at 5 % level probability. The plants grown in the petroleum contaminated soil had their growth damaged, with decrease in the biomass. *Schinus terebinthifolius* proved to be tolerant on contaminated soil.

**Keywords:** contamination with petroleum; pollution soil; anacardiaceae.

<sup>1</sup> Bióloga, Doutoranda do Curso de Pós-Graduação, Produção Vegetal (UFPR), liegeoliveira@bol.com.br.

<sup>2</sup> Bióloga, Doutora, Universidade Federal do Paraná, Departamento de Botânica, Professora.

<sup>3</sup> Biólogo, Doutor, Universidade Federal do Paraná, Departamento de Botânica, Professor.

<sup>4</sup> Biólogo, Doutor, Universidade Federal do Paraná, Departamento de Botânica, Professor.

## Introdução

Em julho de 2000, ocorreu um vazamento de petróleo no oleoduto que liga o terminal de São Francisco do Sul - Santa Catarina à Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR), localizada no município de Araucária - Paraná - Brasil. Aproximadamente 4 milhões de litros de petróleo vazaram, dos quais 2 milhões e 700 mil litros penetraram no solo da refinaria e 1 milhão e 300 mil litros escorreram para os rios Barigui e Iguacú. O impacto inicial após o derramamento foi a morte da vegetação local.

Após o acidente que ocorreu na REPAR, ocorreram vários outros acidentes no mundo, como na Nigéria (INCÊNDIO, 2003), Galápagos (CAPITÃO, 2003), África do Sul (VAZAMENTO, 2003), Espanha (GREENPEACE, 2003), Paquistão (CASCO, 2004), China (CHINA, 2004) e nos Estados Unidos (UMA, 2005). Apesar da grande frequência desses desastres ambientais, poucos trabalhos foram realizados para entender o efeito do petróleo nas plantas, a médio e longo prazo. Atualmente, a área industrial da REPAR está sendo estudada sob diferentes enfoques. Trabalhos com espécies vegetais nativas da região foram implementados e alguns estão em andamento (MARANHO *et al.*, 2006; RODRIGUES, 2005; MARANHO, 2004; BONA & SANTOS, 2003; MAYER *et al.*, 2003)

Sabe-se que as plantas respondem rapidamente às mudanças ambientais, sendo, desta forma, um indicador para avaliar a qualidade do meio (LARCHER, 2000; JEFFREY & MADDEN, 1994). Espécies vegetais que toleram a contaminação podem ajudar na recuperação do solo (ADAN & DUCAN, 1999), sendo esse processo denominado de fitorremediação (CUNNINGHAM *et al.*, 1996). Entretanto, algumas espécies vegetais não toleram a contaminação com petróleo, diminuindo a diversidade das espécies vegetais da região em caso de vazamento (XIONG *et al.*, 1996; WILLIAN *et al.*, 1982).

A toxicidade do petróleo nas plantas depende do tipo de petróleo, quantidade, condições ambientais e da espécie envolvida (PEZESHK *et al.*, 2000; MALALLAH *et al.*, 1998; PROFFITT *et al.*, 1995). A viscosidade e a tensão superficial limitam o efeito tóxico do petróleo. As moléculas muito grandes de hidrocarbonetos possuem um grau menor de penetração por causa da sua viscosidade, embora sejam mais tóxicas (BAKER, 1970). Dessa forma, petróleo mais pesado apresenta menor toxicidade às plantas quando comparado ao petróleo mais leve (DORN *et al.*, 1998). O petróleo que vazou apresenta toxicidade menor em relação a outros tipos de petróleo, pois é do tipo parafínico com alta viscosidade e pequeno poder de penetração nos tecidos vegetais.

O efeito do petróleo nas plantas gera alterações morfológicas, redução no crescimento, inibição da fotossíntese, diminuição na fixação do nitrogênio, redução no processo reprodutivo e até a morte (BONA & SANTOS, 2003; SOUZA, 1999; ADAN & DUCAN, 1999; GAUR & SINGH, 1990; CHEN & CHIU, 1985; GAUR & KUMAR, 1981; BAKER, 1970). Entretanto, algumas plantas toleram a contaminação com petróleo,

embora possam apresentar um decréscimo na biomassa e taxa de fotossíntese (SMITH *et al.*, 1981; DELAUNE *et al.*, 1979). Deste modo, esse trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do solo contaminado com petróleo e da suplementação com nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento de plantas de *Schinus terebinthifolius* Raddi, espécie nativa da região do acidente.

## Material e Métodos

Amostras de solo contaminado com petróleo e não contaminado foram coletadas à profundidade de até 20 cm, na área da REPAR, um ano após o acidente. Neste período o teor de Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (TPH) no solo coletado era de 12.559 mg kg<sup>-1</sup>, o que caracteriza uma contaminação média (CARVALHO *et al.*, 2003). O solo da área é um gleisolo hidromórfico que apresenta horizonte glei, com 37% de argila e 45% de silte, o que lhe confere caráter franco argilo siltiloso (CARVALHO *et al.*, 2003). O petróleo existente neste solo foi caracterizado pela REPAR como do tipo cusiana com perfil parafínico, na faixa predominante de compostos de C<sub>10</sub> a C<sub>14</sub>.

O solo coletado foi transferido para a casa de vegetação, peneirado, homogeneizado e acondicionado em sacos plásticos de 5 litros, mudas com cinco meses de idade foram utilizadas para o experimento. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação no período de abril de 2002 a abril de 2003. A umidade foi controlada por um nebulizador intermitente programado para duração de 15 segundos a cada 30 minutos das 7 às 19 horas durante os meses mais quentes, enquanto que nos meses mais frios 15 segundos a cada 2 horas. O experimento foi instalado seguindo o delineamento inteiramente casualizado, arranjado em um fatorial 2 x 2 sendo dois tipos de solo (contaminado e não-contaminado) e dois níveis de adubação (adubado e não-adubado), totalizando quatro tratamentos com oito repetições. Os tratamentos utilizados foram: solo contaminado (C); solo contaminado adubado (CA); solo não-contaminado (NC) e solo não-contaminado adubado (NCA). Com base na análise do solo contaminado e não contaminado, foram definidas as doses recomendadas de N, P e K segundo Marques & Mota, 2003. Deste modo, foram adicionados nos tratamentos CA e NCA 57,2 mg de N, 228,8 mg de P e 31,2 mg de K por saco plástico, sendo utilizado o mono amônio fosfato como fonte de N e P e o KCl como fonte de K.

O crescimento das plantas foi avaliado por meio de medições mensais da parte aérea. Na parte aérea foi mensurado o diâmetro do caule (na região do colo), medido com paquímetro da marca Mitutoyo-530312-Br com precisão de 0,02 mm, e a altura do caule, mensurada com trena milimetrada.

O teor de pigmentos fotossintéticos e produção de biomassa foram avaliados no final do experimento. Para a determinação dos pigmentos fotossintéticos (clorofilas), foi coletado um folíolo da região mediana da

folha do 6º nó, de cada um dos oito indivíduos de cada tratamento. A extração dos pigmentos foi realizada com acetona 80% (ARNON, 1949) e a quantificação foi determinada em espectrofotômetro UV/VIS (ENGEL & POGGIANI, 1991). Para determinação da biomassa total, as plantas foram retiradas do solo, lavadas com água destilada e desidratadas em estufa a 60°C até peso constante. Posteriormente, folhas, caules e raízes foram pesados separadamente em balança de precisão.

Os resultados foram submetidos às análises de variância, utilizando-se o software MSTAT®. As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à sua homogeneidade pelo teste de Bartlett e, quando necessário, os dados foram transformados, tomando-se o logaritmo dos valores encontrados. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

A taxa de sobrevivência das plantas foi de 100% em todos os tratamentos. A sobrevivência de plantas em solo contaminado com petróleo se deve a um conjunto de fatores, dos quais a biodisponibilidade do contaminante é um dos fatores mais importantes. Hester & Mendelssohn (2000) analisaram o solo após quatro anos e detectaram altos níveis de hidrocarbonetos. Em contraposição, Frick *et al.* (1999) cita que muitos microorganismos naturalmente presentes no solo proporcionam a degradação dos hidrocarbonetos. Esse processo de degradação do petróleo e tolerância da espécie vegetal vai variar com o genótipo da planta e com a interação das condições físicas, biológicas e químicas do ambiente (PEZESHK *et al.*, 2000; MALALLAH *et al.*, 1998; PROFFITT *et al.*, 1995) sendo difícil prever ou traçar um perfil de tolerância da planta com o contaminante. Aroeira é tolerante a outros contaminantes (BUJOKAS, 2001; SOUZA, 1999), a planta também cresce em solos argilosos, secos e pobres, mostrando grande capacidade adaptativa (LORENZI, 1992).

A concentração de 0,48% de petróleo e 100 mg L<sup>-1</sup> de óleo diesel no solo foi o suficiente para provocar a morte de 100% dos indivíduos de *Lycopersicon esculentum* (KUHN *et al.*, 1998) e *Tradescantia correlates* (GREEN *et al.*, 1996) respectivamente. Porém, em concentrações inferiores do contaminante, houve tolerância dessas espécies. No presente trabalho a aroeira foi tolerante a um solo com contaminação média, cujo teor de TPH no solo era de 12.559 mg kg<sup>-1</sup>. Xiong *et al.* (1996) descreveu que existem outras espécies vegetais que também toleram a contaminação com petróleo, embora sempre ocorra um decréscimo do número de espécies vegetais em locais contaminados. Antes de revitalizar uma área atingida por petróleo, é importante selecionar espécies que já tenham mostrado resistência ao contaminante. Neste caso, *S. terebinthifolius* mostra-se como uma espécie promissora.

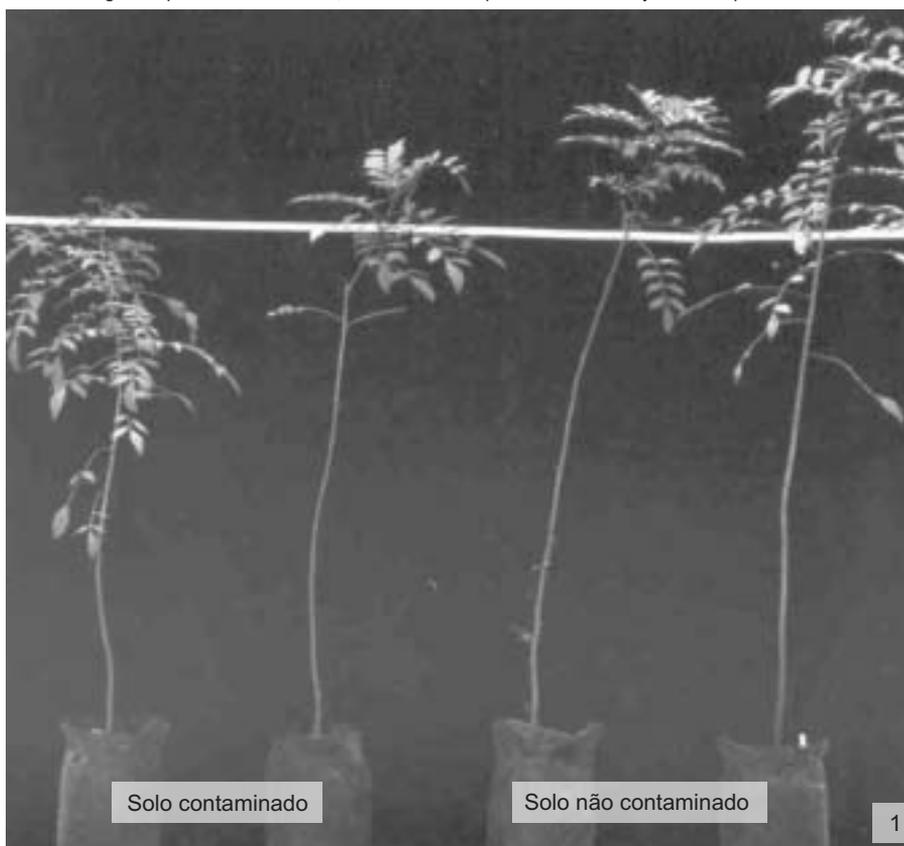
Segundo a análise de variância, para a variável altura do caule, somente a contaminação apresentou resultado significativo, não havendo interação

entre a contaminação e adubação (Tabela 1). O solo contaminado causou redução do crescimento na altura das plantas, em relação às plantas do solo não contaminado (Tabela 1 e Figura 1). O adubo não interferiu no crescimento em altura das plantas do solo contaminado e não contaminado (Tabela 1). Assim como ocorreu com *S. terebinthifolius*, outros autores também registraram redução do crescimento em altura em espécies vegetais que cresceram em solo contaminado com petróleo (KUHN *et al.*, 1998; MALALLAH *et al.*, 1996, 1997; PROFFITT *et al.*, 1995).

**Tabela 1** - Altura (cm) de plantas de *Schinus terebinthifolius*, crescidas em solo contaminado e não contaminado com petróleo, adubado e não adubado.

Fator	Altura (cm)	
Solo não contaminado	104,76	A
Solo contaminado	84,43	B
Solo não adubado	95,36	A
Solo adubado	93,82	A

Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 1** - *Schinus terebinthifolius* / 1 - Aspecto geral e altura das plantas em solo contaminado e não contaminado com petróleo (fita = 1 m de altura).

Houve interação significativa entre a contaminação e a adubação para as variáveis, diâmetro do caule e biomassa seca total das plantas. No solo contaminado, o adubo não apresentou efeito sobre o diâmetro do caule, enquanto que no solo não contaminado o adubo exerceu influência positiva aumentando o diâmetro (Tabela 2). O solo contaminado gerou redução da biomassa seca das plantas, não havendo influência da adubação, enquanto que no solo não contaminado o adubo aumentou significativamente a biomassa total das plantas (Tabela 2).

**Tabela 2** - Diâmetro do caule (mm) e peso seco total (g) de plantas de *Schinus terebinthifolius*, crescidas em solo contaminado e não contaminado com petróleo, adubado e não adubado.

	Diâmetro (mm)			
	Solo não contaminado	Solo contaminado	Solo não contaminado	Solo contaminado
Solo adubado	11,42 A a	8,78 B a	48,26 A a	20,96 B a
Solo não adubado	9,34 A b	8,65 A a	28,07 A b	22,85 B a

Médias seguidas por letras diferentes maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

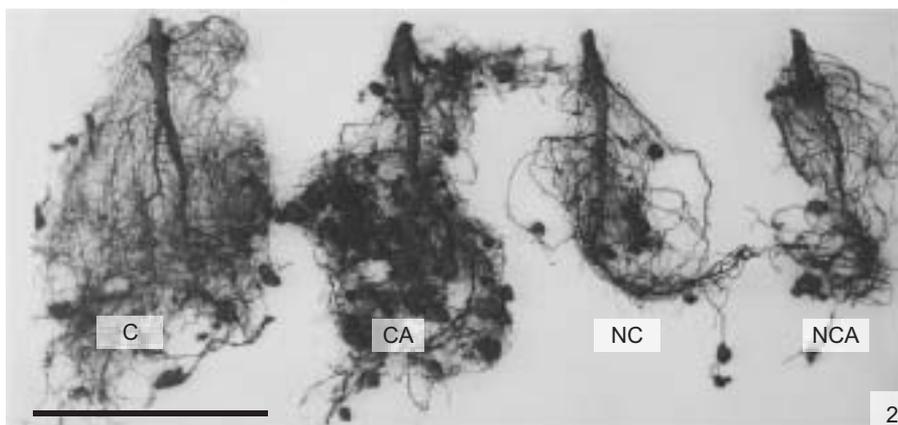
A redução no crescimento de *S. terebinthifolius* pode estar relacionada com a hidrorrepelência causada pelo contaminante. Segundo Roy *et al.* (2003), estudos sobre a hidrorrepelência nos solos com hidrocarbonetos são raros, apesar de centenas de trabalhos relatarem esse fenômeno em solos com hidrocarbonetos. Morel *et al.* (2005), relataram que compostos orgânicos polares com alto peso molecular são os hidrocarbonetos responsáveis pela hidrorrepelência do solo. Como o petróleo derramado na área em estudo era pesado, é provável que tenha contribuído significativamente com a hidrorrepelência do solo.

Souza (1999) descreve um provável desequilíbrio nutricional nas plantas que estavam em solo contaminado com borra de petróleo, mesmo com nutrientes presentes no solo. Esse provável desequilíbrio nutricional prejudicou o crescimento de várias espécies vegetais, inclusive da aroeira. Hester & Mendelsohn (2000) também afirmaram que o crescimento das plantas é prejudicado pelas alterações físicas e químicas do solo, provocadas pelo petróleo, que contribuem significativamente para o estresse vegetal.

A redução da biomassa de plantas crescendo em solo contaminado com hidrocarbonetos, como foi registrado para *S. terebinthifolius*, também foi relatada para: *Sebastiania commersoniana* e *Eugenia uniflora* (BONA & SANTOS, 2003); *Spartina alterniflora* (DELAUNE *et al.*, 1979); *Sagittaria lancifolia* e *Spartina patens* (PEZESHKI *et al.*, 2000). Porém em *Allophylus edulis*, *Campomanesia xanthocarpa* e *Podocarpus lambertii*, não ocorreu diminuição significativa na biomassa das plantas (BONA & SANTOS, 2003). Fica evidente, que a resposta à contaminação com petróleo varia em função da espécie vegetal e das condições ambientais (SOUZA, 1999; KUHN *et al.*, 1998; PROFFITT *et al.*, 1995).

O sistema radicial das plantas que estavam em solo contaminado ficou

visivelmente mais ramificado e denso, quando comparado com as raízes das plantas que estavam em solo não contaminado (Figura 2). Esta característica morfológica pode estar relacionada a um déficit hídrico no solo contaminado. Segundo Taiz & Zeiger (2004), quando a planta está sob estresse hídrico as raízes secundárias apresentam crescimento mais acentuado. Adam & Duncan (1999), também descreveram um aumento das raízes laterais em plantas crescendo em solo contaminado com petróleo. Adam & Duncan (1999) e Kechavarzi *et al.* (2006) mencionaram que as raízes crescem em direção a áreas não contaminadas, quando tinham esta opção. Algumas espécies têm a capacidade de evitar o estresse através de alterações morfológicas, como é o caso de *S. terebinthifolius*.



**Figura 2** - *Schinus terebinthifolius* - Sistema radicular das plantas após um ano de experimento; (c) solo contaminado, (ca) solo contaminado adubado, (nc) solo não contaminado sem adubo, (nca) solo não contaminado com adubo (barra = 15cm).

Segundo a análise de variância, não houve interação entre contaminação e a adubação para as variáveis, clorofila a, b e total (Tabela 3). As plantas do solo contaminado apresentaram valores de clorofila a, b e total estatisticamente superiores aos das plantas do solo não contaminado, enquanto que as plantas do solo adubado apresentaram diminuição de todas as clorofilas (Tabela 3).

**Tabela 3** - Clorofila a, b e total (mg/g) de plantas de *Schinus terebinthifolius* crescidas em solo contaminado e não contaminado com petróleo, adubado e não adubado.

Fator	Clorofila total	Clorofila a	Clorofila b
Solo não contaminado	128,04 B	88.52 B	39.55 B
Solo contaminado	177,35 A	123.88 A	53.52 A
Solo não adubado	169,97 A	118.14 A	50.87 A
Solo adubado	135,42 B	94.25 B	41.20 B

Médias seguidas por letras diferentes na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de clorofila, bem como carotenóides, açúcares, amido, compostos fenólicos, proteínas são utilizados como indicadores da qualidade ambiental e poluição (MALALLAH *et al.*, 1998; AGRAWAL, 1992; KNABE, 1982). De modo geral, a redução dos pigmentos fotossintetizantes tem sido relatada, por vários pesquisadores, em espécies crescendo em solo contaminado com hidrocarbonetos (ACHUBA, 2006; MALLALAH *et al.*, 1998; GREEN *et al.*, 1996). Entretanto, em *S. terebinthifolius* foi registrado aumento nos teores de clorofilas a, b e total nas plantas em solo contaminado com petróleo. Resultados semelhantes também foram relatados por Mayer (2003 e 2004) para *Campomanesia xanthocarpa* e Malallah *et al.* (1998) para *Launaea mucronata* e *Picris babylonica*.

As plantas do tratamento, com solo não contaminado com petróleo, tiveram um aumento no crescimento de 24% na altura, 7% no diâmetro e 22% na biomassa seca, quando comparadas àquelas de solo contaminado. Entretanto, *S. terebinthifolius* mostrou ser uma planta tolerante à contaminação do solo com petróleo e o adubo não favoreceu o crescimento das plantas em solo contaminado com petróleo.

## Referências

ADAM, G.; DUNCAN, J. H. Effect of diesel fuel on growth of selected plants species. **Environmental Geochemistry and Health**, Dordrecht, v. 21, p. 353-357, 1999.

ACHUBA, F. The effects of sublethal concentrations of crude oil on the growth and metabolism of cowpea (*Vigna unguiculata*) seedlings. **The Environmentalist**, Ontario, v. 26, n.1, p.17-20, 2006.

AGRAWAL, S. B. Effect of supplemental UV-B radiation on photosynthetic pigment, protein and glutathione contents in algae. **Environmental and Experimental Botanical**, Amsterdam, v. 32, p. 137- 143, 1992.

ARNON, D. I.C. Cooper enzymes in isolated chloroplasts. Polyrenol oxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Washington, D.C., v. 24, p. 1-15, 1949.

BAKER, M. J. The effects of oil on plants. **Environmental Pollution**, Barking, v. 1, p. 27-44, 1970.

BONA, C.; SANTOS, O. G. **Adaptações fisiológicas de espécies vegetais crescendo em solo contaminado com petróleo**. Curitiba: FUPAR - UFPR, 2003. Relatório técnico.

BUJOKAS, M. W. **O impacto da poeira de cimento em *Schinus terebinthifolius Raddi***. Curitiba, 2001. Dissertação (Mestrado em

Botânica) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

CAPITÃO DO CARGUEIRO QUE POLUIU GALÁPAGOS É PRESO. Disponível em: < [http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2001/010125\\_galapagos.shtml](http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2001/010125_galapagos.shtml) > . Acesso em: 03 fev. 2003.

CARVALHO, F.J.P.C.; CASTRO, R.A.C.; ABDANUR, A.; KRENCZYNKI, M.C.; TEIXEIRA, S.C.; CONEGLIAN, D. **Relatório sobre o monitoramento do solo contaminado**. Repar/SMS. 2003. 149p.

CASCO DE PETROLEIRO RACHA NA COSTA DO PAQUISTÃO Disponível em: < [http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/story/2003/08/030814\\_vazamentomv.shtml](http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/story/2003/08/030814_vazamentomv.shtml) > . Acesso em: 05 out. 2004.

CHEN, K.; CHIU, S.Y. The effect of diesel oil and dispersants on growth, photosynthesis and respiration of *Chorella salina*. **Archives Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 14, p. 325-331, 1985.

CHINA INICIA OPERAÇÃO DE LIMPEZA APÓS VAZAMENTO DE PETRÓLEO. Disponível em : < [http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/story/2004/12/041212\\_chinavazamentoas.shtml](http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/story/2004/12/041212_chinavazamentoas.shtml) > . Acesso em: 05 out. 2004.

CUNNINGHAM, S.D.; ANDERSON, T.A.; SCHWAB, D.E.; ANDERSON, T.A. 1996. Phytoremediation of soil contaminated with organic pollutants. **Adv. Agron.**, New York, v.56, p.55-114.

DELAUNE, R. D.; PATRICK, W.H., BURESH R. J. Effect of crude oil on a Louisiana *Spartina alterniflora* Salt March. **Environmental Pollution**, Barking, v. 1, p. 21-31, 1979.

DORN, P. B. VIPOND T. E., SALANITRO J. P., WISNIEWSKI H. L. Assessment of the acute toxicity of crude oils in soils using earthworms, microtox and plants. **Chemosphere**, Oxford, v. 35, p. 845-860, 1998.  
ENGEL, V.L.; POGGIANI, F. 1991. Estudo da concentração da clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Ver. Brás. Fisiol. Vegetal**, 3(1): 39-45.

FRICK, C. M.; FARRELL, R. E.; GERMIDA, J. J. **Assessment of phytoremediation as in-situ technique for cleaning oil-contaminated sites**. Saskatoon: Department of Soil Science, University of Saskatchewan, 1999. Relatório técnico.

GAUR, J. P.; KUMAR, H. D. Growth response of four microalgae to three crude oil and a furnace oil. **Environmental Pollution**, Barking, v. 25, p. 77-85, 1981.

GAUR, J. P.; SINGH, A. K. Growth, photosynthesis and nitrogen fixation of *Anabaena doliolim* exposed to assam crude extract. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 44, p. 494-500, 1990.

GREEN, T. B., et al. Phytotoxicity observed in *Tradescantia* correlates with diesel fuel contamination in soil. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 36, p. 313-321, 1996.

GREENPEACE: VAZAMENTO ARRUINOU A PESCA NA ESPANHA. Disponível em: < [http://www.bbc.co.uk/portuguese/economia/021119\\_greenpeaceae.shtml](http://www.bbc.co.uk/portuguese/economia/021119_greenpeaceae.shtml) > . Acesso em: 3 fev. 2003.

HESTER, M. W.; MENDELSSOHN, I. A. Long-term of a Louisiana brackish marsh plant community from oil – spill impact: vegetation response and mitigating effects of marsh surface elevation. **Marine Environmental Research**, Barking, v. 49, p. 233-254, 2000.

INCENDIO EM OLEODUTO NA NIGÉRIA. Disponível em: < [http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2000/001130\\_nigeria.shtml](http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2000/001130_nigeria.shtml) > . Acesso em: 3 fev. 2003.

JEFFREY, D. W.; MADDEN, B. Bioindicators and environmental management. London: **Academic Press**, 1994.

KECHAVARZI, C.; PETERSSON, K.; LEEDS-HARRISON, P.; RITCHIE, L.; LEDIN, S. 2006. Root establishment of perennial ryegrass (*L. perenne*) in diesel contaminated subsurface soil layers. **Environmental Pollution**, 20: 1-7.

KNABE, W. Monitoring of air pollutants by wild plants and plant espessure. In: STEUBING, L.; JAGER, H.J. **Conitoring of air pollutants by plants**. Dordrecht: Junk, 1982. p. 59-72.

KUHN, W.; GAMBINO R.; AL-AWADHI, N.; BALBA, T. M.; DRAGUN, J. Growth of tomato plants in soil contaminated Kuwait crude oil. **Journal of Soil Contamination**, Boca Raton, v. 7, p. 801-806, 1998.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: Manual de identificação e cultura de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992.

MALALLAH, G. A.; AFZAL, M.; GULSHAN, S.; ABRAHAM, D.; KURIAN, M.; DHAMI M. S. *Vicia foba* as a bioindicador for oil pollution.

**Environmental Pollution**, Barking, v. 92, p. 213-217, 1996.

MALALLAH, G. A.; AFZAL, M.; KURIAN, A.; ABRAHAM, D.; Genotoxicity of oil pollution of some species of Kuwait flora. **Biología**, Bratislava, v. 52, p. 61-70, 1997.

MALALLAH, G.; ALFZA, M.; KURIAN, M.; GULSHAN S.; DHAMI M. S. I. Impact of oil pollution on some desert. **Environmental Pollution**, Barking, v. 24, p. 919-924, 1998.

MARANHO, L. T. **O efeito do vazamento de petróleo nas folhas e lenho de *Podocarpus lamberti* (Podocarpaceae)**. Curitiba, 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

MARANHO, L.T., GALVÃO, F., PREUSSLER, K.H., MUNIZ, G.I.B.de, KUNIYOSHI, Y.S. 2006. **Efeito da poluição por petróleo na estrutura da folha de *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl., Podocarpaceae**. Acta Botânica Brasílica, 20(3): 615-624.

MARQUES, R. MOTTA A. C. V. Análise química do solo para fins de fertilidade. LIMA M. R. et al. **Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícolas**. Curitiba: Editora UFPR, 2003.

MAYER J. L. S., BONA C., SANTOS. G. O. Impacto do solo contaminado com petróleo no teor de clorofila e massa seca de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. (Myrtaceae). In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal (9.: 2003: Atibaia) Caderno de resumo. **IX Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal**: novas abordagens para antigos problemas [S.L.: S.M.], 2003, p. 288.

MAYER, J. L. **Impacto do solo contaminado com petróleo no crescimento e desenvolvimento de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. (Myrtaceae)**. Curitiba, 2004. (Monografia), Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

MAYER, J.L.S.: Bona, C.; Santos, G. de O., Koehler, H.S. 2005. Efeito do solo contaminado com petróleo no crescimento e desenvolvimento de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. (Myrtaceae). **IV Simpósio Nacional e Congresso Latino-americano de Recuperação de Áreas Degradadas**, Curitiba, Paraná, Brasil. Anais, p.299-306.

MORLEY, C. P.; MAINWARING, K. A.; DOERR, S. H.; DOUGLAS, P.; LLEWELLYN, C.T.; DEKKER, L.W. Organic compounds at different depths in a sand soil and their role in water repellency. **Australian Journal of Soil Research**, Vitoria, v. 43, n.3, p. 239-249, 2005.

PEZESHKI, S.R.; DELAUNE, R.D.; JUGSUJINDA, A. The effects of crude oil and effectiveness of cleaner application following oiling on US Gulf of Mexico coastal marsh plants. **Environmental Pollution**, Barking, v. 112, p. 483-489, 2000.

PROFFITT E. C.; DEVLIN, J.D.; LINDSEY, M. Effects of oil on mangrove seedlings grown under different environmental conditions. **Marine Pollution Bulletin**, Oxford, v. 30, p. 788-793, 1995.

RODRIGUES, T. T. **Os efeitos do solo contaminado com petróleo na estrutura anatômica e estado nutricional do lenho jovem de *Campomanesia xanthocarpa* Berg (Myrtaceae) e *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae)**. Curitiba, 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

ROY, J. L.; MCGILL, W. B.; LOWEN, H. A.; JOHNSON, R. L. Relationship between water repellency and native and petroleum-derived organic carbon in soils. **J. Environ. Qual.**, Madison, v. 32, n.2, p.583-590, 2003.

SMITH, C. J.; DELAUNE, R. D.; PATRICK, JR. H. W. A method for determining stress in wetland plant communities following an oil spill. **Environmental Pollution**, Barking, v. 26, p. 297- 304, 1981.

SOUZA, S.L. **Revegetação de área de biorremediação contaminada por resíduos oleosos de petróleo**. Curitiba, 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

UMA TRAGÉDIA AMBIENTAL Disponível em: < [http://jbonline.terra.com.br/jb/papel/cadernos/jb\\_ecologico/2005/10/06/jorjbe20051006018.html](http://jbonline.terra.com.br/jb/papel/cadernos/jb_ecologico/2005/10/06/jorjbe20051006018.html) > . Acesso em : 5 out. 2005.

VAZAMENTO DE ÓLEO AMEAÇA A COSTA SUL AFRICANA. Disponível em: < [http://www.bbc.co.uk/portuguese/ciencia/020913\\_oleomp.shtml](http://www.bbc.co.uk/portuguese/ciencia/020913_oleomp.shtml) > . Acesso em : 4 fev. 2003.

WILLIAN, A.; PATERSON, III.; OLSON, J. J. Effects of heavy metals on radicle growth of selected woody species germinated on filter paper, mineral and organic soil substrates. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v.13, p. 233-238, 1982.

XIONG, Z.T.; HU, H.X.; WANG Y. X.; FU, G. H.; TAN, Z. Q.; YAN, G.A. Comparative analyses of soil contaminant levels and plant species

diversity at developing and disused oil well sites in Qianjiang Oilfield, China. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 58, p. 667-672, 1996.