



## **ESTUDO DA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR RESÍDUOS DE BORRACHA PARA APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE FITORREMEDIAÇÃO**

L. M. R. LIMA<sup>1</sup>, A. C. CAVALCANTE<sup>2</sup>, J. C. A. DA SILVA<sup>3</sup>, L. M. R. LIMA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> UATEC – Universidade Federal de Campina Grande

<sup>2</sup> CEGAMI – Universidade Estadual da Paraíba

<sup>3</sup> EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

<sup>4</sup> DESA – Universidade Estadual da Paraíba

E-mail para contato: mergia@ufcg.edu.br

**RESUMO** – Em geral, o solo em condições naturais encontra-se em equilíbrio. A contaminação do solo tem-se tornado uma das preocupações ambientais, uma vez que, geralmente, a contaminação interfere no ambiente global da área afetada (solo, águas superficiais e subterrâneas, ar, fauna e vegetação), podendo mesmo estar na origem de problemas de saúde pública. Este trabalho tem como finalidade precípua a descrição do Impacto Ambiental, Medidas Mitigadoras e Compensatórias, visando à correção de uma área de aproximadamente 4,5 ha, degradada com borracha, da fazenda “Corta Dedos”, município de Pocinhos - Paraíba. Para a realização do presente trabalho foi feita uma visita ao imóvel, coletando-se dados dos seguintes pontos: levantamento do solo, vegetação e área degradada. As informações serviram de subsídio para tomada de decisão dos órgãos competentes junto à área degradada e, ao mesmo tempo, minimizar os efeitos causados pela atividade antrópica sobre a ambiência local. De acordo com os resultados, conclui-se que a técnica de fitorremediação pode ser adequada para a recuperação da área em estudo, levando-se em consideração que os impactos ambientais causados pela degradação do solo podem ser atenuados e, até mesmo, eliminados.

### **1. INTRODUÇÃO**

O trabalho de Malavolta (1967) mostra que o solo consiste em um material mineral e/ou orgânico inconsolidado na superfície da terra, que serve como um meio natural para o crescimento e desenvolvimento de plantas.

Em geral, o solo em condições naturais encontra-se em equilíbrio. Entretanto, o seu uso para produção de alimentos e outros fins agrícolas faz com que esse equilíbrio seja rompido, ocasionando sérias conseqüências às suas características químicas, físicas e biológicas uma vez que as práticas de manejo são inovações introduzidas pelo homem no intuito de aumentar as colheitas e de cultivar as mais variadas culturas, conforme mostrado no trabalho de Silva (2003).



A recuperação de determinada área contaminada por resíduos pode ser definida como o conjunto de ações necessárias para que a área volte a estar apta para algum uso produtivo em condições de equilíbrio ambiental. O planejamento das atividades que objetivam a estabilidade das áreas degradadas deverá ter como primeira tarefa a definição das metas de recuperação provisória (quando o uso final ainda não estiver definido) e de recuperação definitiva (quando o uso final do solo já estiver definido).

O trabalho de Brum (1996) mostrou que as técnicas utilizadas para assegurar o uso adequado do solo são numerosas, mas, em geral, todas compreendem as seguintes etapas: desmatamento, remoção e estocagem do capeamento do solo, remodelagem final da área e revegetação.

## **2. CLASSIFICAÇÃO DO MEIO AMBIENTE**

Segundo a Constituição Federal de 1988, no *caput* do artigo 225, foi instituído o principal bem ambiental a ser contemplado: a vida ou, ainda, a sadia qualidade de vida.

A partir deste bem maior, o trabalho de Filho (1998) mostrou que pode-se classificar o meio ambiente sob quatro aspectos: o meio ambiente natural, o meio ambiente cultural, o meio ambiente artificial e o meio ambiente de trabalho.

- Meio ambiente natural – É constituído por todos os elementos responsáveis pelo equilíbrio entre os seres e o meio em que vivem: solo, água, ar atmosférico, flora e fauna.
- Meio ambiente cultural – É integrado pelo patrimônio histórico, artístico, arqueológico, paisagístico turístico que, embora artificial, em regra, como obra do homem, difere do anterior (que também é cultural).
- Meio ambiente artificial – Por meio ambiente artificial entende-se aquele constituído pelo espaço urbano construído, consubstanciado no conjunto de edificações (espaço urbano fechado) e dos equipamentos públicos (espaço urbano aberto).
- Meio ambiente do trabalho – A Constituição Federal tutelou de modo expresso o meio ambiente do trabalho, como se verifica no artigo 200, VIII: Ao sistema único de saúde compete, além de outras atribuições, nos termos da lei:  
(...) VIII – colaborar com a proteção do meio ambiente, nele compreendido o do trabalho.

## **3. RESÍDUOS SÓLIDOS**

A norma brasileira NBR 10.004 caracteriza como RESÍDUOS SÓLIDOS todos os resíduos, nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos, nessa definição, os lodos provenientes de sistemas de tratamentos de água, aqueles gerados em equipamentos e instalação de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água ou exijam, para isso, soluções técnica e economicamente inviáveis, em face da melhor tecnologia disponível.



## **4. CONTAMINAÇÃO DOS SOLOS**

Segundo o site [www.ambientebrasil.com.br](http://www.ambientebrasil.com.br) (2011), a contaminação dos solos dá-se principalmente por resíduos sólidos, líquidos e gasosos, águas contaminadas, efluentes sólidos e líquidos e efluentes provenientes de atividades agrícolas. Assim, pode-se concluir que a contaminação do solo ocorrerá sempre que houver adição de compostos ao solo, modificando suas características naturais e as suas utilizações, produzindo efeitos negativos.

Solos contaminados são encontrados com maior frequência não apenas nas redondezas de locais de descarte de lixo e de plantas químicas, mas também nos arredores de oleodutos e postos de gasolina. As tecnologias atualmente disponíveis para a remediação de locais contaminados pertencem a três categorias principais: retenção ou imobilização, mobilização e destruição, conforme descreve Baird (2002).

## **5. FITORREMEDIAÇÃO**

Recentemente, a técnica de fitorremediação, isto é, o uso de vegetação para a descontaminação *in situ* de solos e sedimentos, eliminando metais pesados e poluentes orgânicos, tem se tornado uma tecnologia emergente. As plantas podem remediar poluentes por meio de três mecanismos, de acordo com Baird (2002): Ingestão direta dos contaminantes e acumulação no tecido da planta (fitoextração); Liberação no solo de oxigênio e substâncias bioquímicas, como enzimas que estimulam a biodegradação dos poluentes e Intensificação da degradação por fungos e micróbios localizados na interface raiz-solo.

As vantagens da fitorremediação incluem seu custo relativamente baixo, benefícios estéticos e natureza não-invasiva.

## **6. IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA A SER ESTUDADA**

A região em estudo vem passando por uma série de problemas, ao longo do tempo, como o alto índice de devastação e deterioração dos recursos naturais, agravando os processos de desertificação, onde a vegetação natural foi largamente dizimada, acarretando graves perdas de solos que vão assorear os rios e represas, tornando mais difícil a sustentabilidade dos ecossistemas locais. De acordo com o trabalho de Souza (2004), um dos meios mais eficazes de controlar as diversas formas de degradação é o manejo adequado do solo, visando principalmente à recuperação de sua condição estrutural.

### **6.1. Clima**

Conforme mostrado pelo trabalho de Souza (2009), segundo Classificação de Koppen, na área de estudo ocorre o seguinte tipo de clima: Semi-árido quente, com precipitações pluviométricas médias anuais de 400 mm e uma estação seca que ocasionalmente pode atingir 11 meses. As temperaturas médias anuais são de aproximadamente 24 °C. O que caracteriza o clima da região é a grande irregularidade de seu regime pluviométrico, que depende das massas de ar que vêm do litoral e do oeste. A maior ou menor intensidade de influência dessas



massas de ar provoca um aumento ou uma diminuição das chuvas na região, que caem quase apenas em três ou quatro meses, e assim mesmo em quantidades pequenas.

## **6.2. Geomorfologia**

A geomorfologia é definida, segundo Bueno (1982), como o ramo da Geografia física que trata da descrição e explicação dos fatos referentes ao relevo terrestre atual, apreendidos pelo estudo de sua evolução climática.

De acordo com Brasil (1972), a área em estudo encontra-se inserida no Planalto da Borborema que compreende a seguinte unidade geomorfológica: Superfície do Planalto ou Superfície dos carris (domínio de relevo suave ondulado e ondulado)

## **6.3. Vegetação (Bioma e Ecossistema)**

Praticamente toda a área do imóvel apresenta vegetação nativa em algum estágio de sucessão. Embora esteja inserida no domínio da caatinga arbórea, esta fisionomia não é predominante, o que retrata o efeito das ações antrópicas sobre esse componente.

A vegetação identificada na área é constituída em parte pela caatinga hiperxerofila, compreende a formações xerófilas lenhosas, em geral espinhosas e com tapete herbáceo estacional, cujas principais características são folhas caducifólias e pequenas.

## **6.4. Hidrografia**

A hidrografia é pobre em seus amplos aspectos. As condições hídricas são insuficientes pra sustentar os rios caudalosos que se mostram temporários na área (Rio Floriano), nos longos períodos de ausência de precipitação.

Os rios e açudes do semi-árido são irregulares de características intermitentes, onde as águas superficiais desaparecem durante o período de estiagem. De acordo com Sousa (2003), a paisagem dos rios e açudes temporários, onde a presença de água superficial é mais permanente ao longo do ciclo hidrológico, apresenta um período de seca estacional bem marcado.

## **6.5. Solos da Área Afetada**

Especificamente para a área (Fazenda Corta Dedos – Município de Pocinhos – Paraíba), os solos encontrados na região distribuem-se amplamente, figurando nas associações de bruno não cálcico, cujas características são: alta saturação por bases, profundidade (60-120 cm), podem apresentar pedregosidade na parte superficial e caráter solódico ou sódico na parte subsuperficial e apresentam estrutura geralmente em blocos; e vertissolo, compreendendo as seguintes características: solos minerais com horizonte vértico entre 25 e 100 cm e pequena variação textural, normalmente pouco profundos a profundos, textura argilosa a muito argilosa, férteis com elevada CTC.

## 7. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A metodologia foi desenvolvida por meio das seguintes etapas: limpeza da área, realizada com uma empresa especializada, a qual foi realizada com o máximo de cuidado para manter a vegetação que existia no local; retirada dos resíduos de borracha retidos do local e contratação de uma equipe de 20 pessoas da região para os trabalhos braçais.

Os referidos trabalhadores contratados tiveram que ser submetidos aos seguintes atendimentos: exames adimensionais, com um médico exigido pela empresa para esse fim; carteira de trabalho devidamente assinada e recebimento de equipamentos de proteção individual (E.P.I's), como botas, óculos, máscaras, luvas e chapéu de palha.

Em seguida, foram retiradas amostras de solo e enviadas para análise química e de fertilidade no LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE DA UFCG, com um método quantitativo muito utilizado para diagnosticar a fertilidade, o qual oferece as seguintes vantagens: baixo custo operacional; disponibilidade de laboratórios; rapidez na obtenção e na entrega dos resultados; possibilidade de planejar a recomendação de doses de adubos e corretivos que devem ser aplicados antes da implantação da cultura (SILVA, 1999).

De posse da análise do solo, realizou-se a avaliação da fertilidade do solo, para tomada das medidas necessárias para a correção e o manejo de sua fertilidade.

Realizou-se a aquisição de mudas (aroeira, angico, sabiá e pinha) no Horto Florestal, administrado pela Prefeitura do Município de Campina Grande – PB.

Com relação ao aspecto educativo, foi desenvolvido *in loco* um processo de Educação Ambiental, como forma de disseminar a importância da preservação do meio ambiente para o ecossistema local.

## 8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após visita à área, conforme mostra a Figura 1, com aproximadamente 4,5 ha, detectaram-se as ações causadoras dos impactos ambientais, a saber: retirada da vegetação nativa, deixando o solo descoberto e ausência de matéria orgânica natural sobre o solo.



Figura 1 – Área antes da deposição dos resíduos da borracha.



Conforme mostra a Figura 2, a deposição de resíduos de borracha na região não causa apenas impactos ao solo, mas também, impactos visuais.



Figura 2 - Área com deposição dos resíduos da borracha após queima.

Observa-se, conforme mostra a Figura 3, a área impactada com a borracha depois da queima e da retirada dos resíduos queimados.



Figura 3 - Área sob impacto após queima e retirada do resíduo da borracha.

A recomendação e aplicação de adubação química e orgânica basearam-se nas análises químicas e de fertilidade do solo, realizado pelo laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG, conforme descrito nas Tabelas de 1 a 3.

Tabela 1 – Recomendação de adubação, baseada nas análises químicas e de fertilidade do solo, para cultura da pinha.

SUBSTÂNCIA PRESENTE	PLANTIO	2º ANO
Nitrogênio	40 g/ planta*	80 g/ planta
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	40 g/ planta	40 g/ planta
K <sub>2</sub> O	30 g/ planta*	40 g/ planta

\*Parcelado em duas vezes, aos 30 e 60 dias.



Verifica-se na Tabela 1 que, para o caso específico da pinha, há um requerimento maior em relação à adubação química no segundo ano, fato este comprovado pela análise do solo conforme descrito na Tabela 2, na qual se observa o baixo teor de Nitrogênio, Fósforo e Potássio. Pode-se verificar que a recomendação da adubação orgânica foi a mesma para todas as amostras, pelo fato de o solo em seu nível avançado de degradação possuir um percentual muito baixo de matéria orgânica disponível.

Tabela 2 – Análise da fertilidade do solo.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	PROFUNDIDADE (0 – 50 cm)	
	Amostra 01	Amostra 02
Cálcio (meq/100 mL de solo)	5,57	2,14
Magnésio (meq/100 mL de solo)	4,02	2,15
Sódio (meq/100 mL de solo)	0,75	0,44
Potássio (meq/100 mL de solo)	0,32	0,38
Hidrogênio (meq/100 mL de solo)	0,49	0,99
Alumínio (meq/100 mL de solo)	0,00	0,00
Carbonato de cálcio qualitativo	Presença	Ausência
Carbono orgânico (%)	0,07	0,07
Matéria orgânica (%)	0,12	0,12
Nitrogênio (%)	0,007	0,007
Fósforo assimilável (mg/100 mL)	2,18	2,24
pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	6,51	6,12
Condutividade elétrica (mmho/cm) (Suspensão Solo-Água)	0,88	0,16

Tabela 3 – Recomendação de adubação, baseada nas análises químicas e de fertilidade do solo, para cultura de essências florestais.

SUBSTÂNCIA PRESENTE	PLANTIO
Nitrogênio	40 g/ planta*
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	40 g/ planta
K <sub>2</sub> O	30 g/ planta*

\*Parcelado em duas vezes, aos 30 e 60 dias.

Recomendou-se, a partir dos resultados mostrados na Tabela 3, que a vegetação natural existente na área, conhecida popularmente como “pára-raios”, deverá ser mantida. Outros vegetais, como gramíneas e malvas, que venham surgir dentro da área do plantio, também devem permanecer para fazer parte da composição regenerativa da comunidade vegetal e do solo. Onde se podia alcançar a recuperação do solo e da área impactada, sugeriu-se o reflorestamento da área desmatada com essências florestais nativas ou adaptadas à região, considerando as variedades e quantidades.



Para a reconstituição e recuperação do complexo florístico da área foram recomendadas mudas de Aroeira (70 mudas), Angico (70 mudas), Sabiá (120 mudas) e Pinha (70 mudas).

## 9. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados permitem concluir que há viabilidade na recuperação de áreas degradadas através da utilização da técnica de fitorremediação, levando-se em consideração que os impactos ambientais detectados podem ser perfeitamente atenuados e/ou eliminados, desde que sejam implantadas algumas medidas mitigadoras propostas e as recomendações apresentadas.

Para que essas medidas tenham um bom resultado, recomenda-se o acompanhamento técnico durante a implantação das culturas.

A utilização da técnica de recuperação de áreas degradadas através da fitorremediação é de fácil manejo e de baixo custo.

Ocorreu um incremento de matéria orgânica na área de estudo e um rápido ressurgimento das plantas nativas locais.

Em síntese, conclui-se que as ações a serem desenvolvidas na área com impacto ambiental atingirão sua missão social/econômica/ecológica e, conseqüentemente, a melhoria ambiental local.

## 10. REFERÊNCIAS

- BAIRD, C. *Química Ambiental*, Trad. Maria Angeles Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Correra, 2ª ed., Porto Alegre: Brokman, 2002.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N. e EIGER, S., *Introdução à Engenharia Ambiental*, 2ª Ed., São Paulo: Pearson Education, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Escritório de Pesquisa e Experimentação, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, I. Levantamento exploratório de reconhecimento dos solos do Estado da Paraíba, II. Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba. (*Boletim Técnico*, 15; *SUDENE. Série Pedologia*, 8), 683 p, Rio de Janeiro: 1972.
- BRUM, I. A. S. *Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração*, 22 p, Monografia (Especialização), Escola Politécnica, Departamento de Hidráulica e Saneamento, UFRGS, 2000.
- BUENO, F. da S. *Dicionário da língua Portuguesa*, 5ª Ed., São Paulo: Editora Técnica Radial Ltda/Editorial Estilo Ltda, 1982.



- FILHO, W. R. e BERNARDO, C. *Guia prático de Direito Ambiental*, Rio de Janeiro: Lumen Juris Editora, 1998.
- [http://www.ambientebrasil.com.br/agropecuário/artigo\\_agropecuário/dia\\_nacional\\_da\\_conservação\\_do\\_solo.html](http://www.ambientebrasil.com.br/agropecuário/artigo_agropecuário/dia_nacional_da_conservação_do_solo.html). Acessado em: 24/09/11.
- MALAVOLTA, E. *Nutrição de plantas e fertilidade do solo*. Piracicaba-SP: Ave Maria, 1976.
- SILVA, Fábio César. *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes / EMBRAPA Solos, EMBRAPA Informática Agropecuária – Brasília, 1999.*
- SILVA, J. C. A. *Infiltração de água no solo como indicador das modificações edáficas pelo sistema de manejo*, 72 p, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia – PB, 2003.
- SOUZA, M. N. *Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável*, 371 p, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, 2004.
- SOUZA, P. F. *Análise da vegetação de um fragmento de caatinga na Microbacia hidrográfica do açude jatobá – Paraíba*, 38 p, Monografia (Graduação), Universidade Federal de Campina Grande, 2009.