



## Um injectador de lamas de ETAR, como forma de combater a Desertificação

**EUGÉNIO MENEZES DE SEQUEIRA**

Eng<sup>o</sup> Agrónomo, investigador Coordenador aposentado, Professor, Conselheiro do Conselho Nacional do Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável. Responsável Científico de projectos do Programa Castro Verde Sustentável da Liga para a Protecção da Natureza

O Campo Branco é uma região que abarca o concelho de Castro Verde e parte dos concelhos de Ourique, Aljustrel e Mértola. Corresponde a uma zona aplanada, em grande parte despida de vegetação arbórea, com solos de xisto e de grauvaques, degradados (mais de 90% Leptosolos Líticos) que, quando lavrados (nos alqueives), dão ao solo uma cor branca e um albedo acima do comum.

Está incluído nas zonas que, de acordo com os indicadores de Desertificação do Programa de Acção Nacional de Combate à Desertificação (PANCD), apresenta uma das situações de maior risco em Portugal (Resolução do Conselho de Ministros 59/99, Diário da República nº 158, de 9 de Julho de 1999; DGA, 2000, Sequeira, 1998), mas que suporta um dos *Habitats* classificados na Rede Natura, um dos agro-ecossistemas de Alto Valor Ambiental (Ybele, H. *et al.*, 2004).

De facto, se a agricultura tradicional, com produção de cereais, após alqueive, lavouras e gradagem, e pastoreio, com

muito pouco coberto vegetal, conduziu a uma degradação mais intensa da matéria orgânica do solo, a uma maior erosão e quebra de fertilidade, num processo acelerado de degradação/desertificação, a mesma agricultura permitiu o refúgio nesta zona de algumas espécies de aves que conduziram à sua classificação como Zona de Protecção Especial para a Avifauna (Sequeira, 2004).

Será portanto vital conseguir continuar com o sistema agrícola tradicional, cultura cerealífera extensiva, mas invertendo o processo de degradação que com erosões que chegaram a valores de perda de dezenas de toneladas de solo por hectare e ano, conduziram a solos com menos de 10/20 cm de espessura efectiva e com mais de 40% de material grosseiro. De facto, a quantidade de solo formado em condições normais na situação climática do Baixo Alentejo em solos de xisto (Sequeira 1998a, 1998 b) deverá ser da ordem dos 2 a 8 ton ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> dependendo da exposição, do declive, da vegetação, etc..

A necessidade de parar a degradação (Sequeira 1994, 2002, 2004), inverter o processo, recuperar o agro-ecossistema de Alto Valor Ambiental, (Ybele 2004) aumentar a capacidade de suporte do ecossistema, levou-nos a procurar tecnologias que reduzam a erosão, aumentem a capacidade de retenção da água, aumentem o teor em matéria orgânica do solo (Safriel, 2009), por outras palavras que aumentem a fertilidade do solo e combatam a desertificação.

### O SISTEMA DE SUBSOLAGEM COM INJEÇÃO DE LAMAS

#### Justificação da metodologia

A meteorização (Rowell, 1996) constitui a 1ª fase da formação do solo, e é o processo pelo qual os agentes atmosféricos, à superfície ou perto dela, causam a desagregação das rochas e dos minerais. Os processos de meteorização (Chernmnicoff & Venkatakrihnan, 1995; Rowell, 1996) iniciam-se por processos de fragmentação ou meteorização mecânica.

O aumento da superfície exposta à meteorização química, facilita todos os restantes processos de formação do solo. De facto, a fragmentação aumenta exponencialmente a superfície exposta aos processos de meteorização e neogénese.

De facto, a velocidade da meteorização depende da superfície exposta aos agentes de desagregação, pelo que uma acção mecânica como uma subsolagem que fragmente a rocha aumenta exponencialmente a superfície exposta aumentando da mesma forma a velocidade de formação do solo.

Por outro lado, os processos químicos de desagregação e meteorização incluem os processos de hidratação, dissolução e troca iónica, oxidação e redução, hidrólise e carbonatação (Chernmnicoff & Venkatakrihnan, 1995; Rowell, 1996).

Todos estes fenómenos de meteorização dependem da presença

da água; a velocidade das reacções depende da temperatura e da composição mineralógica do substrato (da rocha mãe) e estão relacionados com a presença de vida (Silva, 1984, 1990; Sequeira, 1969; Silva *et al.*, 1990), isto é, com a presença de compostos orgânicos e de dióxido de carbono na solução do solo.

Verificou-se, durante ensaios com subsolagem, sem adição de matéria orgânica profunda (Santos & Oliveira, não publicado), que a subsolagem causava compactação nas zonas entre os ferros subsoladores. Além disso, o efeito do aumento de porosidade nas linhas de trabalho não compensava e era de duração muito pouco prolongada. No entanto, em ensaios de adubação profunda em Regossolos Psamíticos (Teixeira *et al.*, 1968 - não publicado) com aplicação profunda de lodos e matéria orgânica, verificava-se um efeito notável

e duradouro, com eliminação do efeito da sapata de lavoura, contribuindo para o crescimento radical do trigo até 1 metro de profundidade.

Igualmente a observação de pomares de citrinos (Teixeira *et al.*, 1974) em diversos tipos de solos mostrou que a aplicação de matéria orgânica na altura da plantação, ao fim de mais de 20 anos se encontrava ainda no local, acompanhada de um acréscimo de crescimento radical nessa zona.

Este efeito duradouro resultava, portanto, do aumento do "turnover" da matéria orgânica resultante da presença de raízes e de actividade biológica correspondente, com efeitos duradouros, quer na estabilidade da estrutura, na retenção de água e de nutrientes.

Assim, a conjugação das duas técnicas - subsolagem e aplicação profunda de matéria

orgânica, resultará num aumento da capacidade de retenção de água e da taxa de formação de solo de forma exponencial.

A aplicação de compostos orgânicos aumenta os teores em matéria orgânica do solo, e com este facto melhoram as condições de fertilidade física: estrutura e estabilidade, capacidade de retenção de água, capacidade de campo, taxa de infiltração e porosidade, bem como o teor em carbono (Albaradejo, 1995; Safriel, 2009). Tal facto levará forçosamente ao aparecimento de um maior teor em ácidos fúlvicos e em CO<sub>2</sub> dissolvido nas águas de lixiviação, logo a um reforço do efeito da subsolagem.

Se forem injectadas lamas de ETAR, tal como se tem apontado para destino final de lamas de ETAR, sem toxicidade previsível, isto é, com teores de metais pesados sempre abaixo dos Valores Máximos Recomendados (Sequei-

ra, 1993a, 1993b, 1997, 2002; Sequeira & Domingues, 1993 e 2000; Domingos *et al.*, 2003 e 2007), em conjunto com a subsolagem de forma a que se consiga aumentar o contacto de uma superfície exposta da rocha com uma solução do solo mais agressiva de forma estável, será possível aumentar a taxa de formação do solo para valores muitas vezes superiores, o que conduzirá, em conjunto com a redução da erosão, a uma reabilitação dos solos muito mais rápida.

Por outro lado, se for aumentada a retenção de água, em especial no horizonte C, ou melhor no material originário, fazendo a subsolagem seguindo aproximadamente as curvas de nível, e se se acompanhar com *não lavoura* e com o sistema de vala e câmoros, como forma de evitar o escoamento e aumentar a taxa de infiltração, será possível aumentar o período de

PUB



# TERRAFERTIL

Fazemos parte da solução.

## OPERAÇÕES DE GESTÃO DE RESÍDUOS

Somos operadores qualificados para a operação de compostagem e armazenamento temporário de resíduos, licenciados no âmbito do Decreto-Lei 178 de Setembro de 2006. Simultaneamente, dispomos de Planos de Gestão de Lamas (PGL) aprovados para a valorização agrícola de lamas de depuração, contando com Técnicos Acreditados pela DGARD na nossa equipa, de forma a dar cumprimento ao disposto no Decreto-Lei 276 de 2 de Outubro de 2009, que regula esta actividade.

## SERVIÇOS

- Contentores para acondicionamento de resíduos;
- Recolha e transporte de resíduos;
- Valorização agrícola;
- Compostagem;
- Armazenamento temporário de resíduos biodegradáveis;
- Limpeza e desidratação de lamas de lagoas;
- Acompanhamento técnico.

## CONTACTOS

Estrada dos Ciprestes, 90 R/c Esq. | 2900-316 Setúbal | Tel. 265 520 687 | Fax. 265 520 688 | geral@terrafertil.pt | www.terrafertil.pt

## GESTÃO DE LAMAS

FIGURA 1 - Aspecto de pormenor do injector, com água para mostrar a forma de injeção.



meteorização (solo húmido e temperatura elevada) em vários meses, prolongado a retenção de água para períodos de temperatura mais elevada.

A matéria orgânica do solo, para além dos aspectos relativos à fertilidade química, condiciona a formação e a estabilidade dos agregados, a capacidade de retenção de água, e é portanto um factor de protecção da degradação do solo por erosão, como o próprio nomograma de Wichmweier & Smith (1978) indica.

Vários autores (Giordano *et al.*, 1992; Yassoglou, 1995; Safriel, 2009) referem a enorme importância da matéria orgânica nas características físicas do

solo, merecendo especial referência as características básicas para a resistência ao processo de desertificação.

Igualmente, a manutenção do teor em matéria orgânica e da espessura da camada superficial, fundamental para a redução da erosão e aumento da retenção de água, está dependente das taxas de mineralização e de deposição superficial de matéria orgânica. A evolução do teor em matéria orgânica da camada superficial do solo depende do tipo de mobilização, sendo de referir que a *não lavoura* e a *sementeira directa* têm conduzido a um aumento considerável do teor em matéria orgânica do solo (Azevedo, 1973;

FIGURA 2 - Imagem de um solo subsolado até ao horizonte C (0.5 m), mostrando o xisto partido e aberto aumentando a superfície meteorizável muito acrescida e a zona onde as lamas serão injectadas.



Agboola, 1981; Sprague *et al.*, 1986; Owens, 2001).

Embora ainda não haja resultados sobre o tipo de neogénese de material argiloso devido a este processo o facto de o material lixiviado do horizonte superior ficar retido nas zonas mobilizadas e de rocha fendida, por a rocha abaixo ser impermeável, com excepção da fissuração resultante de movimentos tectónicos, levará a processos genéticos diferenciados, de acordo com a pluviosidade, temperatura, balanço hidrológico, vegetação, etc..

Assim, a alteração poderá variar desde uma alteração mínima dos minerais primários

(por exemplo hidratação - ex: muscovite passar a mica hidratada do tipo íltico), passando por neogénese a partir de materiais dissolvidos a partir da decomposição por hidrólise dos minerais primários como plagioclases, piroxenas, etc., e subsequente re-cristalização formando argilas do tipo caulínico (argila 1:1) ou esmectítico (argila 2:1) (Hillel, 1980, Silva, 1984, Silva *et al.*, 1990 e 1991).

Com o sistema proposto é provável que a percentagem de argilas do tipo 2:1 aumente, bem como a estabilidade dos complexos de ferro com a matéria orgânica, melhorando a taxa de formação do solo.

FIGURA 3 - Imagem de um injector em trabalho em pleno campo, incorporando as Lamas de ETAr até ao fundo do horizonte C (neste caso a cerca de 0.6 m). Repare na posição do operador da subsoladora.



FIGURA 4 - Aspecto do injector em trabalho, agora injectando à máxima profundidade, mostrando o operador e o braço para aspirar a lama.



## Potencialidades do injector de lamas

Consiste numa tona de 8 m<sup>3</sup>, ligada a um compressor reversível (aspira e injecta) que funciona com a tomada de força de um tractor, equipada com um subsolador especial que permite que as lamas de ETAR (Estação de Tratamento de Águas Residuais) da tona sejam injectadas em profundidade no solo (horizonte C ou mesmo R), através das saídas existentes nas pontas do subsolador (Fig. 1).

Com a passagem do injector a rocha mãe, mais ou menos são quebrada em profundidade (30 a 70 cm dependendo da resistência da rocha), permitindo a injeção de matéria orgânica das lamas de depuração e os nutrientes nas fendas abertas (Fig 2).

O Injector tem a capacidade de aspirar a lama de um depósito colocado na borda da folha agrícola em trabalho passando de injector a aspirador (por inversão), com um sistema lateral constituído por um tubo articulado, com válvula, comandados pelo tractorista, que permite, com o sistema hidráulico do tractor, descer o braço, abrir e

fechar as válvulas.

O comando do injector, para evitar as zonas com rochas mais duras (filões de grauwagues), é efectuado de um banco protegido na parte de trás da tona (Fig 3).

Trata-se de uma tecnologia inovadora, que concilia a conservação do solo, com o destino final de lamas de ETAR, que foi desenvolvido e ensaiado nos últimos 10 anos. Este equipamento está em utilização em algumas herdades de Castro Verde, para além das propriedades da Liga para a Protecção da Natureza, tendo esta entidade mantido a monitorização das áreas sujeitas a este tratamento, com a obtenção de bons resultados controlados pelas análises e observação de solos e da produção agrícola obtida.

## Descrição do injector de lamas

Esta tecnologia permitirá a longo prazo:

- (1) a recuperação e melhoria da produtividade em solos tipicamente degradados

(Alentejo e Beiras);

- (2) combater eficazmente a Desertificação pela formação do solo associada;
- (3) mitigar os impactos nefastos das secas;
- (4) aumentar a biodiversidade do solo;
- (5) aumentar o sumidouro de carbono;
- (6) uma redução considerável dos resíduos depositados em aterro ou descarregados em linhas de água.

Em zonas rurais do interior, sujeitas a elevada susceptibilidade à desertificação, esta tecnologia permitirá maior rendimento agrícola e sustentabilidade na agricultura, melhorando as condições de vida dos agricultores e promovendo o desenvolvimento rural sustentável.

Actualmente a aplicação desta técnica ocorre no âmbito do Projecto Rural Value (rural.value@lpn.pt) onde se testa a sua eficácia em mais de 100 ha do Concelho de Castro Verde, conjuntamente com os agricultores da região. Neste momento procede-se à monitorização de resultados.

## Custos previstos

O protótipo custou, no ano de 2000, cerca de 40.000€. Como infra-estrutura de suporte, é necessário contabilizar o custo de um contentor/depósito, no valor de 8.000€, onde seja possível depositar, temporariamente, as lamas próximo do local de injeção.

A sua aplicação implicará o trabalho dos operadores e transporte da lama (matéria prima sem custo inerente). No entanto, numa situação ideal o transporte pode ser suportado pelo proprietário da ETAR (geralmente autarquias), já que este é um destino final alternativo e menos dispendioso que os tradicionais (tratamento e deposição em aterro).

Os utilizadores pouparão dinheiro a longo prazo, uma vez que a qualidade do solo aumentará, bem como a resistência à seca, aumentando progressivamente a produção agrícola, sendo necessária menos intervenção (mobilizações) do que aquela que tradicionalmente é feita pelos agricultores.

A quantificação e a avaliação financeira final não estão ainda completas. ■

## BIBLIOGRAFIA

- Albaradejo, J., 1995 - Soil rehabilitation and desertification control: Case study in Murcia. In Fantechi, R., et al., 1995 - Desertification in a European context: Physical and socio-economic aspects. Proceedings of the European School of Climatology and Natural Hazards Course. 1993. European Commission (EUR 15415 EN).
- Azevedo, A. L., 1973 - Evolução do teor em matéria orgânica dos solos sujeitos a diferentes Tratamentos. Anais do Instituto Superior de Agronomia 34: 65-114.
- Chernicoff, S & Venkatakrishnan, R., 1995 - Geology. An Introduction to Physical Geology. Worth Publishers Inc.
- Domingues, H., et al., 2003 - Concentrações de cobre e zinco na água de escoamento superficial num solo de pastagem fertilizado com lama da ETAR urbana de Évora. Programa e Resumos da XXIV Reunião de Primavera da Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forragens e XLII Reunião da Sociedade Portuguesa de Ovinotecnia Caprinotecnia: 19-20.
- Domingues, H., et al., 2007 - Copper concentration in surface runoff water in a soil to which a copper rich urban biosolids was applied. Revista de Ciências Agrárias, XXX: 326-334.
- Fitzpatrick, E. A., 1986 - An introduction to Soil Science. 2<sup>nd</sup> Ed. Longman, pp 255.
- Giordano, A. (project leader); et al. 1992. CORINE Soil Erosion Risk and Important Land Resources in the Southern Regions of the European Community. An assessment to evaluate and map the distribution of land quality and soil erosion risk. Ed. Commission of the European Communities.
- Owens, H., 2001 - Tillage. From Plow to Chisel and No-Tillage, 1930-1999. MidWest Plan Service. Iowa State University, Ames, Iowa.
- Rowell, D. L., 1996 - Soil Science. Methods & Applications. University of Reading. Addison Wesley Longman Limited, England.
- Safriel, U., 2009 - Monitoring Carbon Stocks of Northern Mediterranean Drylands. A proposal for a Northern Mediterranean Regional Project presented to the Northern Mediterranean Implementation Annex (Annex IV) of the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Blaustein Institutes for Desert Research, Sede Boqer Campus, Israel.
- Sequeira, E. M. 1969 - Toxicity and movement of heavy metals in serpentine soils (North-Eastern Portugal). Agronomia Lusitana 30 (2): 115-154.
- Sequeira 1993. E. M., 1993 - Transport of organic and inorganic contaminants in soil and groundwater. Lição proferida no "European short training course "Risk Assessment. Soil and Groundwater Cleaning". Estoril, FCT Universidade Nova de Lisboa e "Technical University of Denmark".
- Sequeira, E. M., 1993 - Impacte da aplicação de lamas residuais no solo. Seminário sobre Tratamento e Destino Final de Lamas de Águas Residuais: 4.1-12.
- Sequeira, E. M. & Domingues, H., 1993 - Contribuição para a caracterização de algumas lamas residuais portuguesas. Seminário sobre o Tratamento e Destino Final de Lamas de Águas Residuais: 2: 6-17.
- Sequeira, E. M. 1994 - Desertification in the Mediterranean Basin. The effect of agricultural management. Comunicação apresentada no "Seminário Desertification y Uso del Suelo en la Quenca Mediterranea" Almería, 28-30 de Junho 1993.
- Sequeira, E. M. 1998 - A Desertificação e o Desenvolvimento Sustentável em Portugal. Liberne 62: 20-24.
- Sequeira, E. M. 1998 - A Desertificação e o Desenvolvimento Sustentável em Portugal. (Continuação). Liberne 64: 17-23.
- Sequeira, E. M., Domingues, H. et al., 2000 - "Efeitos Residuais da Aplicação de Lamas de Depuração Urbana em Solos Agrícolas (Alentejo e Cova da Beira)". Relatório Final (96/10/31 - 99/10/31) Projecto nº PEAM/P/SEL/500/05 - Contrato JNICT/DGA nº 28/96.
- Sequeira, E. M., 2002 - O Uso das lamas de ETAR no Combate à Desertificação - o caso do "Projecto Piloto de Combate à Desertificação" da LPN. Comunicação apresentada ao Seminário Gestão e Valorização de Lamas de ETA's e ETAR's em Portugal. Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas e Associação Portuguesa de Engenheiros do Ambiente, Lisboa Junho de 2002.
- Sequeira, E. M., 2004 - Combate à Desertificação. In Louro, V., 2004 - Desertificação. Sinais, Dinâmicas e Sociedade. Instituto PIAGET. Estudos e Documentos 11: 153-168.
- Silva, J. M. V., 1984 - Meteorização de um Gabro da região de Odivelas. Gênesis dos Minerais da argila. Contribuição para o conhecimento dos Barros de Beja. Dissertação para acesso à categoria de Investigador Auxiliar, INIA, Estação Agronómica Nacional.
- Silva, J. M. V., 1990 - Mecanismos de alteração em Rochas eruptivas do Baixo Alentejo. Dissertação apresentada na Universidade Clássica de Lisboa, Faculdade de Ciências, para obtenção do grau de Doutor em Geologia.
- Silva, J. M. V.; Sequeira, E. M.; Silva, A. M. S. 1991 - Meteorização de Serpentinólitos do Nordeste de Portugal. Evolução Mineralógica e Geoquímica. Memórias e Notícias, Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol., Univ. Coimbra, 112:185-199. (publicado em 1994).
- Sprague, M. A. & Triplett, G. B., 1996 - No Tillage and Surface Tillage agriculture. The Tillage Revolution. John Wiley & Sons, New York. Smith, S. R., 1996 - Agricultural recycling of sewage sludge and the environment. Cab International, Wallingford, U.K..
- Teixeira, A. J. S. et al. 1974. Distribuição radical da laranja em prefiés das Famílias de solos Atlc, Rg e Rqc. Pedologia, Oeiras 9 (1): 17- 41..
- Wisnemeier, W. T. & Smith, D. P., 1978 - Predicting rainfall erosion losses. USDA, Agricultural Handbook 537, Washington.
- Ybele H.; Peterson J.; Balazs K; Higuero, I et al., 2004 - High mature value farmland. Characteristics, trends and Policy challenges. European Environmental Agency, UNEP EEA report 1/2004.