

Revegetação de áreas degradadas pela extração de argila no Norte do Estado do Rio de Janeiro

Luciana Aparecida Rodrigues

Dra. em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense - Darcy Ribeiro (UENF-RJ)

Prof.º do curso de Pós- Graduação em Segurança, Meio ambiente e Saúde do ISECENSA

Prof.º do Instituto Superior de Tecnologias / FAETEC

Deborah Guerra Barroso

Dra. em Produção Vegetal pela UENF-RJ

Prof.º da UENF-RJ

Marco Antônio Martins

Dsc. Plant Sciences, University of Sheffield - Inglaterra

Professor da UENF-RJ

Andréa Vita Reis Mendonça

Dra. em Produção Vegetal pela UENF-RJ

Prof.º da UFRB

Resumo

A extração de argila pela indústria ceramista no Norte Fluminense é uma atividade de grande importância sócio-econômica para a região com geração de, aproximadamente, 5000 empregos diretos e uma produção diária estimada de cerca de 5.000.000 de peças. No entanto, a mineração da argila provoca a degradação física, química e biológica do ambiente. A recuperação das cavas oriundas da extração das argilas necessita um alto custo operacional devido à necessidade de utilização de máquinas para aplainar a cava, da reposição da camada superficial do solo e da adubação para, a partir daí, iniciar a revegetação da área visando à recuperação do solo, recomposição da vegetação preexistente ou a utilização com o cultivo agrícola ou florestal. A definição de qual estratégia a ser adotada dependerá, dentre outros fatores, do nível de degradação da área, do objetivo do proprietário e dos recursos disponíveis para a intervenção. Em cada situação é importante o estudo das possibilidades de reutilização da área, dos objetivos finais e ainda das alternativas para minimização dos custos operacionais. Vários experimentos foram realizados, objetivando o estudo da reutilização das cavas de extração de argila com espécies arbóreas em diferentes sistemas de cultivos, visando dar suporte técnico e formar unidades demonstrativas para incentivar a reutilização das cavas recém abertas ou das cavas abandonadas. Além disso, foram avaliados indicadores de qualidade de solo objetivando caracterizar o grau de recuperação e a sustentabilidade dos sistemas de plantios adotados.

Palavras-chave

área degradada, leguminosas, mineração, indicadores de qualidade do solo.

Correspondência:

Rua Salvador Correa, 139 - Centro

28035-310 - Campos dos Goytacazes - RJ

Telefone: +55 (22) 2726.2727

Fax: +55 (22) 2726.2720

www.isecensa.edu.br

e-mail: isecensa@isecensa.edu.br

Re-vegetation of degrade clay extraction areas of the northern region of the State of Rio de Janeiro

Abstract

The industrial activities of brick factories for the production of roofing tiles and bricks from clay mining in alluvial soils has great importance in the socioeconomic context of the Northern region of the state of Rio de Janeiro, with the generation of approximately 5000 direct jobs and a daily production of 5.000.000 pieces. However, the clay extraction promotes physical, chemical and biological environmental degradation. The recovery of these degraded areas involves high operational costs due the necessity of utilization of machines to correct the landscape, reposition the superficial layer of top soil and fertilization to beginning the re-vegetation of the area in order to regenerate the soil, re-composition of the natural plant species pre-existent or to use the area for agricultural and forest proposals. The definition of which strategies to be adopted depends on the levels of degradation, the objective of the land owner and the tools available to work. In which situation is important to evaluate the possibilities of land re-utilization, the final objectives to be reached and the alternatives that can minimize the operational costs. Several experiments have been carried out aimed to study the re-utilization/recovery of degrade clay extraction areas by using different plant species cultivated in different planting systems, to give technical support and demonstrative unites to incentive the re-utilization of both former and recently degraded areas. Furthermore, some soil quality indicators were evaluated in an attempt to measure the levels of soil recovery and sustainable of the different planting system adopted.

Correspondence:

Rua Salvador Correa, 139 - Centro
28035-310 - Campos dos Goytacazes - RJ
Phone number: +55 (22) 2726.2727
Fax: +55 (22) 2726.2720
www.isecensa.edu.br
e-mail: isecensa@isecensa.edu.br

Key works:

degraded area, legume species, mining, soil quality indicators

1. Importância da atividade ceramista no Município de Campos dos Goytacazes - RJ

Com o declínio da atividade canaveira nas regiões Norte e Noroeste Fluminense, a extração de argila para produção de telhas e tijolos tem assumido grande importância na economia regional. A reserva de argila dos solos da região motivou o desenvolvimento de um pólo de cerâmica vermelha que, atualmente, é responsável por cerca de 40% da produção estadual. A Cerâmica tem um papel importante para economia do país, com participação no PIB (Produto Interno Bruto) estimada em 1%, correspondendo a cerca de 6 bilhões de dólares (ABECERAM, 2007). O pólo ceramista de Campos dos Goytacazes é o segundo maior produtor de tijolos do Brasil, com produção mensal estimada em cinco milhões de tijolos/dia, gerando cinco mil empregos diretos e quinze mil indiretos. Neste município existem mais de 100 cerâmicas, que geram uma receita anual de cerca de R\$ 168 milhões (Ramos et al., 2003).

2. Impactos ambientais gerados pela atividade

A extração de argila pelas cerâmicas na região do Norte Fluminense, apresenta a retirada diária de 5700 m³ de solo (Ramos et al., 2003), o que corresponde a uma área em torno de 3500 m². Nesse processo é retirada, inicialmente, a vegetação, seguida da camada orgânica do solo e finalmente do subsolo, matéria prima da indústria ceramista, originando cavas que apresentam profundidade variando, segundo Valicheski (2004), de 1 a 4 m. Nessas cavas o substrato apresenta grande variabilidade de textura, indo de arenoso a argiloso e com freqüentes afloramentos do lençol freático.

Em relação aos atributos químicos do

solo, de acordo com Valicheski (2004), a situação é agravada na Baixada Campista devido à presença de teores médios a elevados de Na⁺ trocável, de sais solúveis e de sulfeto de ferro. Além disso, a retirada da camada de matéria orgânica diminui a capacidade produtiva da área, uma vez que nela se encontra a reserva de nutrientes, os microrganismos promotores da ciclagem de nutrientes e os inóculos dos microrganismos que vivem em simbiose com as plantas, resultando em um substrato praticamente estéril. Tais características dificultam o processo de regeneração natural e o uso da área para fins agrícolas e pecuários.

A recuperação destas áreas envolve, normalmente, um alto custo operacional (Aumond & Balistieri, 1997; Balistieri & Aumond 1997; Campos, 1997), devido à necessidade de utilização de máquinas para aplainar a superfície da cava, necessidade da reposição da camada superficial do solo e adubação para, a partir daí, poder ser iniciado o processo de revegetação da área.

A revegetação das cavas de extração de argila nem sempre é de interesse da indústria ceramista, uma vez que, muitas são arrendadas para esse uso e o interesse do proprietário limita-se a este arrendamento. No entanto, conforme Brasil (1988), artigo 225, “2º *Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.*”. De acordo com a Diretriz para o licenciamento de atividades de extração mineral, a recuperação ambiental seria: “*conjunto de atividades destinadas à reabilitação de uma área degradada, com vista a permitir sua reutilização futura em consonância com as, antigas ou novas, características locais*” (Brasil, 1994)

O que se observa atualmente em relação à reutilização das cavas na região

Norte Fluminense é que algumas são utilizadas para o cultivo de cana-de-açúcar ou de eucalipto com baixa produtividade. Muitas vezes, as áreas são abandonadas, devido principalmente a proximidade do lençol freático e do alagamento no período do verão, servindo de depósito de entulhos das indústrias ceramistas ou lixo urbano. Em algumas situações, após algum tempo de abandono da área (que pode variar de meses até décadas), inicia-se o processo de sucessão natural com gramíneas espontâneas que são imediatamente utilizadas para o pastoreio, o que aumenta potencialmente a degradação da área diminuindo, ainda mais, a capacidade de resiliência do local. Valicheski (2004) estudou a viabilidade técnica e econômica da revegetação de áreas de extração de argila com eucalipto, cana-de-açúcar e pastagem (pecuária de corte) em Campos dos Goytacazes. O plantio de eucalipto mostrou ser o mais atrativo, em termos econômicos. A implantação de cana-de-açúcar, apesar de apresentar-se viável, evidencia grande risco econômico, devido às estimativas de quedas na produtividade ao longo do tempo, tornando a atividade pouco sustentável. A utilização para pastagens apresenta-se economicamente inviável, segundo os níveis de investimento e produtividade propostos.

3. Técnicas de revegetação de áreas degradadas por mineração

As áreas degradadas podem ser reabilitadas ou restauradas. A reabilitação do ambiente degradado visa à recuperação de uma ou mais funções do ambiente, tanto econômica quanto ambiental, enquanto a restauração se refere à recuperação da estrutura, da dinâmica e das interações biológicas originais do ambiente. Antes da reabilitação, é necessário detectar o nível de degradação do local e definir o nível de

recuperação a ser alcançado (Engel & Parrota, 2003). As relações entre os componentes: solo (substrato), espécies vegetais a serem implantadas, a microbiota, a meso e a macro fauna devem ser avaliadas, considerando-se a íntima relação entre eles em uma visão holística.

No caso específico das cavas de extração de argila, a revegetação requer o uso de técnicas apropriadas como o aplainamento da superfície do solo e técnicas para incrementar o teor da matéria orgânica. No processo de revegetação destas áreas deve-se dar especial atenção à escolha das espécies. Estas precisam ser tolerantes às situações adversas, tais como: afloramento de lençol freático ou alagamentos periódicos, elevados teores de Na^+ trocável e alta condutividade elétrica, condições freqüentemente encontradas na região de estudo e agravadas pela prática de exploração de argila (Valicheski, 2004).

Dentre as ferramentas sugeridas nos processos de recuperação de áreas degradadas, tem sido amplamente estudados o uso microrganismos simbióticos, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e bactérias diazotróficas, associados às espécies vegetais, principalmente as leguminosas (Campelo, 1996 e 1999) e a utilização de resíduos agroindustriais no incremento da matéria orgânica ou para o aumento da fertilidade do substrato (Coutinho et al., 2006).

3.1. Uso de microrganismos simbióticos

A utilização de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e bactérias diazotróficas, associadas simbioticamente a plantas, tem sido recomendada para serem introduzidas em áreas com problemas edáficos de ordem física, química e biológica. Nestas áreas, as micorrizas apresentam a

função básica de aumentar, nas plantas, a absorção de água e de nutrientes com baixa disponibilidade no solo, enquanto, as bactérias diazotróficas, teriam a função de aumentar a concentração de N no sistema através da fixação biológica do N₂ atmosférico (FBN) (Franco et al. 1989; Boni et al., 1994; Campelo, 1996 e 1999; Dias, 1996, Souza e Silva, 1996).

Solos que perderam sua camada fértil apresentam reduzidas quantidades de propágulos destes e outros microrganismos, tornando a introdução de inóculos nestes solos importante do ponto de vista ecológico e de grande interesse tecnológico (Carneiro et al., 1997).

Miller & Jastrow (1992) sugerem as condições onde o manejo dos fungos micorrízicos é importante, sendo eles: onde densidade de inóculo micorrízico é baixa; onde as principais formas de inóculo são raízes colonizadas e hifas extra-radiciais; onde o sítio é extremamente árido ou encharcado durante um período da estação de crescimento; onde existe baixo teor de nutrientes minerais no solo; onde existe potencial de toxicidade no solo para a planta e onde a otimização da biodiversidade é o objetivo principal. Estéreis de argila apresentam baixa população de microrganismos devido, principalmente, a retirada da camada orgânica do solo sendo desta forma, local indicado para introdução de mudas inoculadas tanto de FMAs quanto de rizóbio (Pralon, 1999, Costa Jr, 1997).

Os FMAs têm acesso direto ao C fixado pelas plantas e constituem a maior fonte deste elemento e de energia para o solo. Os FMAs distribuem esse carbono pela rizosfera, possibilitando o aumento na atividade microbiológica ao redor das raízes (Hamel, 1996). De acordo com Norby & Jackson (2000), as próprias estruturas das micorrizas também compreendem uma fração substancial da matéria orgânica, que podem ser consideradas fontes de nutrientes para o solo.

Devido à baixa especificidade nas associações simbióticas entre fungos micorrízicos arbusculares e raízes de plantas (Mosse, 1975), é possível que hifas externas de FMA, que se desenvolvem no solo e estão conectadas às estruturas fúngicas dentro da raiz, possam formar uma extensa rede micelial interconectando plantas de mesma ou de diferentes espécies (Newman, 1988). Essa interconexão fúngica permite a transferência de nutrientes entre plantas através da passagem direta pela hifa do fungo (Martins, 1992a; Martins 1992b; Martins, 1993; Cruz, 1997; Martins & Read, 1996).

A importância das pesquisas com a fixação biológica do N₂ atmosférico (FBN) está na possibilidade de decréscimo da aplicação de fertilizantes nitrogenados, além de ser considerada como estratégia de conservação do solo (Frey & Schuepp, 1992). Algumas estirpes de rizóbio podem permitir às plantas auto-suficiência em N, apresentando, muitas vezes, resultados superiores à aplicação com N mineral na etapa de produção de mudas principalmente das leguminosas.

As características das plantas quando associadas a rizóbio e a micorrizas, simultaneamente, possibilita o seu cultivo em áreas degradadas com maiores possibilidade de se ajustarem a condições edáficas adversas como é o caso das áreas degradadas.

3.2. Uso de leguminosas na recuperação de áreas degradadas

Dentre as espécies pioneiras, as leguminosas têm-se destacado na revegetação de áreas degradadas, principalmente pela capacidade de se associar às bactérias diazotróficas. Além do N, proveniente da FBN, as leguminosas podem transportar ao horizonte superficial

nutrientes como o K, o Ca e o Mg das camadas mais profundas do perfil do solo. A serapilheira de baixa relação C/N das leguminosas propicia uma melhor eficiência na ciclagem de nutrientes, favorecendo a decomposição da matéria orgânica (Franco, 1991; Campello, 1996; Franco & Faria, 1997).

Além do rizóbio, as leguminosas também podem estabelecer simbiose com FMAs, sendo estas associações importantes em solos onde o N e P são limitantes ao crescimento vegetal (Souza & Silva, 1996). Leguminosas com dupla simbiose (rizóbio e micorrizas) apresentam maior nodulação, atividade da nitrogenase, concentração de leg-hemoglobina e teor de N proveniente da FBN (Silveira, 1992).

A exigência por fósforo na FBN é alta, uma vez que é necessário suprir a demanda de ATP para a fixação de N_2 (Marschner & Dell, 1994). Segundo Leidi & Rodríguez-Navarro (2000), a diminuição da disponibilidade do P pode inibir a FBN. Com isto, existe um sinergismo entre a fixação biológica de N_2 atmosférico e a micorrização, resultando na melhoria no estado nutricional das plantas (Souza & Silva, 1996).

No consórcio entre leguminosas e plantas de outras famílias, o N fixado, biologicamente, pela leguminosa pode ser transferido para a outra planta, reduzindo, assim, a necessidade de adubação nitrogenada (Frey & Schuepp, 1992; Cruz & Martins, 1997; Martins & Cruz, 1998; Rodrigues, 2001), sendo esta transferência maximizada pelos FMAs (Rodrigues, 2001).

Dias (1996) testou a capacidade de *Eucalyptus pellita* e *Acácia mangium* em recuperar área de extração de bauxita. O autor verificou maior acúmulo de matéria orgânica, soma de bases e CTC efetiva até a profundidade de 7,5 cm nas parcelas de *A. mangium* em relação as parcelas com eucalipto. O maior aporte de "litter" de baixa relação C/N, maior aporte de nutrientes e a

maior atividade biológica do solo sob acácia, reflete as melhores condições de recuperação da fertilidade do solo. A alta taxa de crescimento de algumas leguminosas, permitindo o rápido fechamento do dossel, e a serapilheira de baixa relação C/N, ocasionando a rápida ciclagem de nutrientes, propicia melhoras rápidas na qualidade do substrato, acelerando os processos de sucessão e restauração das funções do sistema.

Apesar das leguminosas serem mais indicadas para plantios em áreas com problemas edáficos, os ceramistas têm optado pelo cultivo do eucalipto, devido a sua utilização como lenha. Além disso, os produtores temem a intervenção do IBAMA, caso plantem outras espécies arbóreas, principalmente por desconhecem sobre a legislação sobre o cultivo de espécies florestais nativas e exóticas. Grande parte da lenha utilizada nas cerâmicas do Norte Fluminense é proveniente de plantios de eucalipto do Norte do Espírito Santo e Sul da Bahia, o que eleva os custos de produção.

O cultivo consorciado do eucalipto com leguminosas nestas áreas pode ser uma estratégia importante não somente do ponto de vista econômico, mas também ambiental.

3.3. Uso de resíduos agroindustriais

Na região Norte Fluminense, várias atividades agroindustriais geram grandes quantidades de resíduos com potencial de uso na agricultura (Barroso et al., 1998; Carneiro, 1995). O uso destes resíduos no setor agrícola possibilita dar uma solução "ecologicamente correta" para o problema do destino final de alguns destes resíduos, que normalmente acarretam poluição ambiental, além de se tornarem subprodutos com potencial no mercado. A adubação orgânica apresenta a capacidade de elevar a CTC, principalmente em solos arenosos ou

altamente intemperizados; contribui para a maior agregação das partículas; aumenta a capacidade de retenção de água; concorre para maior estabilidade da temperatura do solo; aumenta a disponibilidade de nutrientes (Ribeiro et al., 1999).

No Município de Campos dos Goytacazes a indústria de produção de ácido láctico a partir da sacarose gera grande quantidade de resíduos. Dentre os principais resíduos sólidos, encontra-se o gesso e um resíduo que tem sido denominado de “Ferkal”. As características químicas do Ferkal evidenciam elevados teores de Ca, S e P e apresentam concentrações de metais pesados dentro da faixa das exigências toleradas (Pralon & Martins, 2001). Tais características possibilitam o uso deste produto na agricultura.

Outra atividade regional que gera grande quantidade de subprodutos com potencial de uso na agricultura é produção de álcool e de açúcar. As usinas açucareiras da região processam, anualmente, 600 mil Mg de cana, originando toneladas diárias de torta de filtro, de vinhaça e bagaço de cana (Coutinho et al., 2005). Os percentuais de N, P₂O₅ e K₂O para o bagaço da cana em média é de 1,1, 0,2 e 0,9%; para a torta de filtro é de 1,2, 2,2, 0,5% e para a vinhaça de mosto de caldo é de 0,3, 0,2 e 1,5 %, respectivamente (Ribeiro et al. 1999). Os teores de nutrientes nestes resíduos podem ser absorvidos pelas plantas quando empregado de forma adequada no sistema de produção agrícola.

Algumas cidades da região Norte e Noroeste Fluminense estão trabalhando com a coleta seletiva de lixo e implementando usinas de compostagem para a produção de composto de lixo urbano. Este composto pode promover melhorias físicas, químicas e microbiológicas em solos pobres em matéria orgânica (Collier, 1999) como é o caso das cavas de extração de argila. Os percentuais médios de N, P₂O₅ e K₂O no composto de

lixo urbano é de 3,4, 1,2 e de 0,3 %, respectivamente (Ribeiro et al. 1999).

4. Técnicas utilizadas para revegetação das cavas de extração de argila no Município de Campos dos Goytacazes-RJ

Pesquisadores da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), no ano de 2002 criaram o grupo de pesquisa “Reutilização de Áreas Degradadas pela Extração de Argila, (CNPq, 2007). Vários experimentos foram realizados visando o levantamento de problemas e procurando alternativas que fossem econômica e ambientalmente promissoras para a revegetação das cavas no Norte Fluminense. Ramos & Manzatto (2003) e Valicheski (2004), realizaram o estudo dos solos para ordenamento do uso das argilas para fins cerâmicos da Baixada Campista. Testes com diferentes espécies de plantas para serem introduzidas nas cavas foram realizadas e avaliadas por Coutinho (2003), Schiavo (2005), Santiago (2005) e Mendonça (2006). Microrganismos simbióticos associados as plantas foram testados para o estabelecimento de espécies vegetais nas cavas (Costa Jr, 1997; Pralon, 1999; Rodrigues, 2001; Coutinho, 2003; Schiavo, 2005); foram testados resíduos agroindustriais para correção da fertilidade do substrato das cava de extração da argila (Costa Jr, 1997; Pralon, 1999; Coutinho, 2003); também foram realizadas avaliações da qualidade química e biológica dos solos das cavas em função de diferentes sistemas de cultivos (puros ou consorciados) e das diferentes espécies vegetais cultivadas (principalmente eucaliptos e leguminosas arbóreas) (Leal et al., 2004; Paulucio et al., 2004; Batista, 2006; Lamônica et al., 2006; Mendonça, 2006; Paulúcio, 2007, Silva et al., 2007).

Dentre os resultados obtidos nestes experimentos alguns merecem destaque e são apresentados a seguir.

4.1. Uso de resíduos industriais na adubação das plantas para cultivos nas cavas de extração de argila

Pralon & Martins (2001) testaram doses crescentes do resíduo industrial “ferkal”, aplicadas ao substrato de cava de extração de argila, em vasos, no cultivo de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*). A produção de matéria seca das plantas e os teores de N e P das mudas foram incrementados com o aumento das doses do ferkal. As melhores dosagens de Ferkal, para o crescimento do sabiá, em vasos, estiveram entre 100 a 150 g dm⁻³. Os autores observaram que o Ferkal provocou efeitos positivos sobre a taxa de colonização micorrizica e sobre o peso de nódulos de bactérias diazotróficas associados a plantas de sabiá. No substrato, o principal efeito observado foi o aumento do número de microrganismos solubilizadores de fosfato.

As variações nas características químicas e microbiológicas do substrato das cavas com a adição do Ferkal foram também

verificadas por Siqueira (2005). Na análise microbiológica do solo incubado, observaram-se aumentos lineares do número de bactérias totais e bactérias solubilizadoras de fosfato com o aumento das doses de Ferkal e aumento de fungos totais até a dose de 123,7 g dm⁻³ de Ferkal (Figura 1). O aumento na população microbiana é considerado como um indicador positivo da qualidade biológica do solo.

Na análise química verificou-se que o pH do substrato apresentou aumentos variando de 6,2 (sem a aplicação do resíduo) até o pH 8 nas maiores doses testadas. Os teores disponíveis de P e de Ca aumentaram em cerca de doze e vinte vezes, respectivamente, até a dose aproximada de 150 g dm⁻³ de Ferkal aplicada, quando, então, apresentaram decréscimos na sua disponibilidade (Figura 2). O aumento no pH aliado a grande disponibilidade de Ca pode ter levado ao decréscimo no teor P disponível nas maiores doses de Ferkal aplicada ao substrato, uma vez que em pH acima de 7 os dois elementos podem precipitar na forma de fosfato de cálcio (Novais & Smyth, 1999). A disponibilidade dos micronutrientes também foi comprometida em valores de pH acima de 7, indicando que o ferkal, embora apresente grande potencial como corretivo do solo, deve ser utilizado de forma criteriosa no substrato.

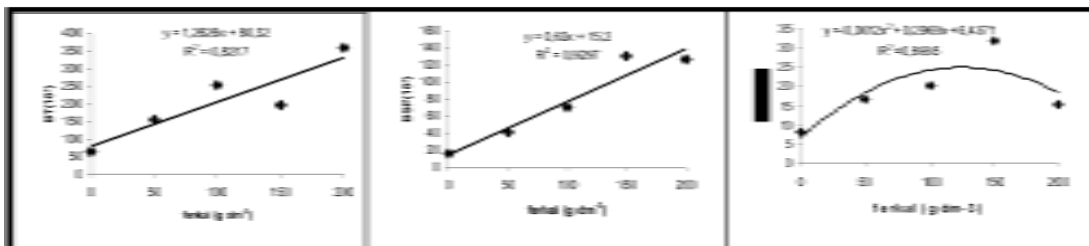


Figura 1. Bactérias totais (BT), Bactérias solubilizadoras de fosfato (BSP) e Fungos totais (FT) em substrato de cava de extração de argila após incubação com diferentes doses de ferkal.. Fonte: Siqueira (2005).

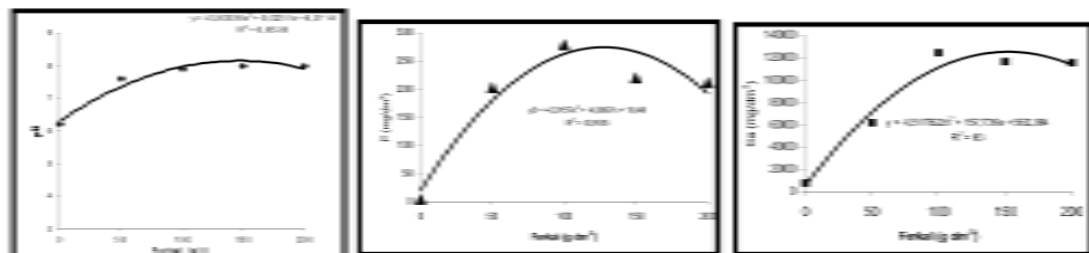


Figura 2. pH (água), teores de P* e Ca no substrato de cava de extração de argila após incubação com diferentes doses de Ferkal. *Extrator Norte Carolina. Fonte: Siqueira (2005)

Foi avaliado o efeito de diferentes resíduos agroindustriais sobre o cultivo de sesbânia (*Sesbania virgata*) em substrato de cava de extração de argila. Na produção de mudas, Coutinho et al. (2006), testou a adição de doses crescentes de ferkal, composto de lixo urbano, torta de filtro de usina açucareira e superfosfato simples. Os autores constataram aumento no crescimento da parte aérea e nos teores foliares de N, P e K das mudas de sesbânia com o aumento das doses dos resíduos. As doses correspondentes aos melhores desempenhos das mudas foram testadas no campo.

Coutinho et al. (2005) avaliaram o estabelecimento de mudas de sesbânia nas cavas adubadas com os resíduos agroindustriais aplicados nas covas de plantio. Foram testados: ferkal (0,6 kg cova⁻¹); composto de lixo urbano (0,8 kg cova⁻¹); torta de filtro (0,6 kg cova⁻¹); adubação com superfosfato simples (0,1 kg cova⁻¹) e comparados à testemunha (sem adubação). Os subprodutos não influenciaram o crescimento das plantas até os 10 primeiros meses após o plantio no campo. Esta resposta deve-se, provavelmente, a alta capacidade de fixação biológica de N na associação entre a sesbânia e as bactérias diazotróficas. Assim, segundo o autor, a sesbânia pode ser indicada para revegetação de cava de extração de argila, sem gastos adicionais com fertilizantes orgânicos ou químicos. Apesar disto, o composto de lixo urbano e a torta de filtro estimularam a produção de raízes finas pelas plantas de sesbânia. As raízes finas são importantes no acesso aos recursos do solo, e o comprimento dessas raízes pode ser um indicador da capacidade de absorção de nutrientes (Ryter, 1997). Neste trabalho, Coutinho et al. (2005), observaram, ainda, o potencial de rápida incorporação de fitomassa da parte aérea da sesbânica ao sistema. Cada planta de sesbânia, aos 10 meses após o plantio no campo, produziu, em

média, 4,86 kg de fitomassa fresca com os seguintes teores foliares de nutrientes: 37,49 g kg⁻¹ de N, 2,90 g kg⁻¹ de P e 11,66 g kg⁻¹ de K. A incorporação da fitomassa produzida pela sesbânia, pode aumentar o teor de N e outros nutrientes ao substrato, minimizando os efeitos que a baixa disponibilidade de nutrientes causa no processo sucessional. Este material, incorporado ao solo, poderá também favorecer o crescimento de outras espécies a serem introduzidas posteriormente na cava.

4.2. Uso de microrganismos simbióticos associados a plantas cultivadas nas cavas de extração de argila

Costa Junior (1997), estudando o comportamento de leguminosas arbóreas inoculadas com FMA e *Rhizobium* em substrato de cava de extração de argila, em vasos, observou efeito negativo sobre o crescimento das plantas quando inoculadas com FMA e rizóbio. A dupla inoculação pode impor uma competição entre os microrganismos simbiotes por fotossintetizados provenientes da parte aérea (Marschner & Dell, 1994). Além disso, é importante, também, que os FMAs utilizados estejam ecologicamente adaptados às condições das áreas a serem revegetadas, caso contrário, as plantas podem ter seu crescimento comprometido (Lê Tacon et al., 1987).

Pralon (1999), analisando substratos de cavas de extração de argila, obteve um isolado nativo de FMA de uma cava com 10 anos de abandono contendo as seguintes espécies: *Glomus macrocarpum*, *Entrophospora colombiana* e *Glomus etunicatum*. O autor observou que a maior produção de matéria seca da parte aérea e conteúdos de N, P e K em mudas sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), cultivadas em substrato de cava de extração de argila,

foram obtidas com a inoculação do isolado de FMAs nativo quando comparado ao inóculo de *Glomus clarum* da coleção do Laboratório de solos da UENF.

O mesmo isolado de FMAs nativo das cavas de extração de argila foi também testado na produção de mudas de *Acacia mangium* Willd, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis* por Schiavo (2005) e para *Sesbania virgata* e *Eucalyptus grandis* por Rodrigues et al. (2003a, 2003b). Os autores verificaram aumento no crescimento das espécies testadas quando inoculadas com este isolado de FMA nativo. A inoculação somente com rizóbio proporcionou aumento no crescimento da *A. mangium*, porém, a maior taxa de sobrevivência no campo foi observada em plantas inoculadas com rizóbio + FMAs nativo (Schiavo, 2001).

No cultivo em vasos contendo de cavas de extração de argila, as plantas de acácia apresentaram aumentos na produção da matéria seca e altura das plantas em 3 e 1,5 vezes, respectivamente, quando inoculadas com o inóculo de FMAs nativo comparadas às não inoculadas (Tabela 1) (Rodrigues et al, 2003c).

Rodrigues et al. (2003a, 2003b), avaliando o consórcio, em vasos, da *Sesbania virgata* e *Eucalyptus grandis*, em substrato das cavas observaram o

associada à bactéria diazotrófica, para as plantas de eucalipto, via hifas do isolado de FMA nativo o que reduziu a relação C/N da parte aérea das plantas de eucalipto indicando, mais uma vez, o benefício dos microrganismos simbióticos no sistema de consórcio.

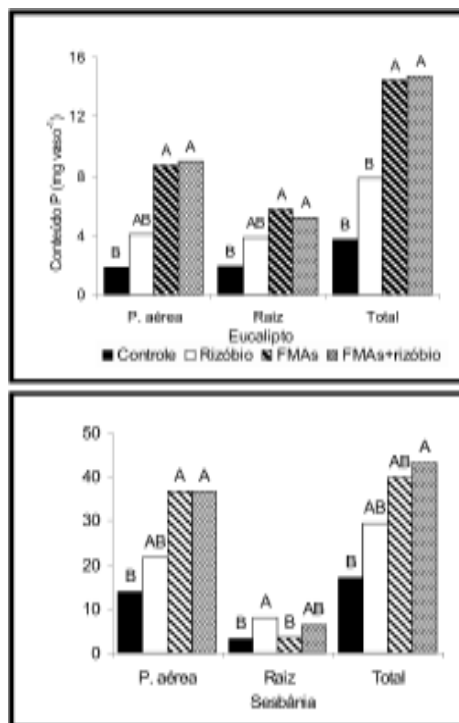


Figura 3. Conteúdo de P na parte aérea, nas raízes e total de eucalipto (A) e de sesbânia (B) em função da inoculação com os microrganismos, no plantio consorciado, em vasos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Fonte: Rodrigues et al. (2003b).

Variável	Tratamento ¹			
	SI	Rizóbio	FMAs	FMAs + R
Matéria seca (g planta ⁻¹)	1,47 B	1,58 B	4,80 A	4,76 A
Altura (cm planta ⁻¹)	29,00 AB	21,75 B	43,13 AB	47,63 A

Tabela 1. Matéria seca da parte aérea e altura de plantas de acácia sem inoculação (SI) e inoculados com rizóbio (R) e fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) cultivados em substrato de cavas de extração de argila.

aumento no teor e conteúdo de N e P (Figura 3) e maior eficiência de utilização de P nas mudas de ambas as espécies quando foi realizada a inoculação do FMA nativo nas plantas. Os autores verificaram, também, a transferência de N¹⁵ proveniente da sesbânia,

Resultados semelhantes foram observados no campo por Paulúcio (2007). Plantas de eucalipto aos 26 meses após o plantio nas cavas, em consórcio com sesbânia, apresentaram maior teor foliar de N quando inoculadas com FMAs, o que

reduziu a relação C/N das folhas resultando na diminuição do tempo de meia vida da serapilheira, o que possibilitou uma maior ciclagem de nutrientes no sistema.

4.3. Efeito dos sistemas de cultivos com diferentes espécies vegetais nas cavas de extração de argila

A introdução de espécies florestais em diferentes modelos de reabilitação em cavas de extração de argila foi testada com espécies florestais nativas e exóticas, sendo avaliadas até dezesseis meses após o plantio das mudas no campo (Ferreira et al, 2004). Foi testado *Eucalyptus camaldulensis* em cultivo puro; espécies pioneiras (*Anadenanthera macrocarpa*, *Schinus terenbenthifolius*, *Triplaris brasiliiana* e *Cytherexylum myrianthum*) juntamente com espécies clímax (*Genipa americana* e *Tabebuia umbellata*) e somente plantio das espécies pioneiras (*S. terenbenthifolius*, *T. brasiliiana*, *C. myrianthum*). Até os 16 meses, não foi observado efeito dos plantios quanto a capacidade de cobertura, expressa pela área total de copas. As espécies *A. macrocarpa* e *Tabebuia umbellata* apresentaram alta taxa de mortalidade, não sendo indicadas para plantios nestas áreas.

O estabelecimento inicial de diferentes espécies de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E. tereticornis* Sm, *E. robusta* Sm e *E. pellita* F. Muell) e *Sesbania virgata* (Cav.) Pers., em cultivos puros e consorciados foi avaliado por Santiago (2005), em cava recém explorada. O autor verificou que o plantio consorciado com sesbânia favorece a sobrevivência das espécies de eucaliptos, embora o crescimento inicial destas espécies ocorra melhor no cultivo puro. De modo geral, os plantios consorciados reduziram de maneira mais acentuada os teores de Soma de bases (SB) e CTC efetiva (t) presentes no substrato da

cava em relação aos plantios puros. Possivelmente esta resposta ocorreu em função da maior quantidade de plantas por unidade de área (eucalipto + sesbânia), no entanto, não foi observada redução na quantidade de matéria orgânica acumulada, indicando que qualquer um destes sistemas de plantio já estaria trazendo melhorias para a área.

Outro fator importante a ser considerado na avaliação do potencial da sesbânia como espécie adubadeira é a baixa relação C:N das folhas e frutos que potencializariam a rápida disponibilização dos nutrientes, contidos no material vegetal, no substrato da cava. Ao contrário, os galhos das sesbânia, com elevada relação C:N, evidenciam a importância deste componente da planta na manutenção dos teores de matéria orgânica no substrato, com liberação gradativa dos nutrientes ao longo do tempo.

Esta área foi avaliada também aos 18 e aos 30 meses após o plantio no campo, por Lamônica (2006), tendo sido verificado que o sistema de plantio não afetou o crescimento em altura e diâmetro das espécies de eucalipto até os trinta meses de idade. As espécies *E. pellita*, *E. tereticornis* e *E. robusta* apresentaram desempenhos equivalentes, e as folhas da serrapilheira da sesbânia apresentaram rápida decomposição, não permanecendo acumuladas no solo (Lamonica et al., 2006).

A tolerância das plantas ao alto índice salino das cavas de extração de argila foi estudada por Mendonça (2006). Inicialmente foi avaliada em casa de vegetação, a tolerância de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita*, *E. tereticornis* e *E. robusta* à salinidade, concluindo-se que o aumento da concentração de NaCl reduz o crescimento das mudas de todas estas espécies, exceto do *E. tereticornis*. Em seguida as quatro espécies de eucalipto foram cultivadas em cavas recém exploradas, em sistema de plantio puro e consorciado com sabiá

(*Mimosa caesalpinifolia*) e avaliadas aos 24 meses após o plantio. De maneira geral o melhor desempenho no campo ocorreu para as plantas de *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* e *E. robusta*. Não foi detectado efeito do sistema de plantio sobre o crescimento das diferentes espécies de eucalipto.

Na avaliação química do substrato da cava foi observado menor teor de C nos cultivos puros de eucalipto. Outro resultado importante refere-se a redução da salinidade do substrato da cava observada nos plantios puros de sabiá, de *E. tereticornis* e no consorciado de *E. robusta* + sabiá. O cultivo destas espécies em áreas salinas objetivando a redução da salinidade do substrato das cavas, para em seguida ser cultivadas outras espécies de menor tolerância à salinidade pode ser uma estratégia de grande utilidade para estas áreas (Mendonça, 2006). De acordo com Islan & Weil (2000), a qualidade do solo não pode ser medida diretamente, mas pode ser inferida a partir de propriedades que são indicadoras da qualidade do solo que podem estar ligadas às características químicas, físicas e biológicas do solo.

A mesma área estudada por Mendonça (2006) foi também analisada, aos 34 meses após o plantio, por Batista (2006) para avaliação das características químicas e biológicas do substrato. Além da área de cultivos puros e consorciados, foi avaliada ainda uma área controle somente com vegetação espontânea (porém dentro da cava). Tanto o sistema de plantio puro quanto o consorciado, apresentou maior diversidade de espécies de fungos micorrízicos e maior teor de C do que a área sob vegetação espontânea. Maior teor de N e maior atividade microbiana foram observados no plantio puro de sabiá, de *E. pellita* e no consórcio de ambas as espécies, em relação à área de vegetação espontânea. Neste estudo ficou evidente que os cultivos, puros ou consorciados, proporcionam melhorias na

qualidade do solo em relação à vegetação espontânea.

Schiavo (2005) avaliou a qualidade da matéria orgânica em cava de extração de argila com vegetação espontânea (*Brachiaria mutica* (Forsk.) Stapf) e revegetada com *Acacia mangium* Willd., *Sesbania virgata* (Cav.) Pers e *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. O autor verificou que *A. mangium* promoveu aumento no estoque de carbono, bem como, do caráter fulvático da matéria orgânica do substrato da cava em relação a vegetação espontânea. A menor relação C/N das substâncias húmicas alcalino solúveis na cobertura com *Acacia mangium*, são indicativos de alteração no processo de transformação da matéria orgânica. O resultado indica que a utilização de leguminosas arbóreas pode ser considerada uma boa estratégia para a revegetação de áreas degradadas, melhorando as características químicas do substrato das cavas de extração e argila.

Paulúcio (2007) verificou, na mesma área, aos 24 meses após o plantio, melhor qualidade química e biológica do solo no sistema consorciado. Foi observado maior atividade microbiana e maiores teores de nutrientes disponíveis no substrato, e ainda, menor relação C/P e menor tempo de meia vida da serapilheira nos cultivos consorciados.

Na mesma área, quatro anos após o plantio das mudas no campo, Silva et al., (2007) avaliou a fauna edáfica, mas somente nas áreas sob cultivo de *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis*, em monocultivo e em consórcio. A fauna edáfica é um importante indicador biológico da qualidade do solo podendo ser utilizadas para avaliar o grau de recuperação de uma área degradada. Os resultados mostraram que tanto a densidade quanto a diversidade da fauna edáfica foi influenciada pelo tipo de cobertura vegetal. O consórcio eucalipto+sesbania, foi o sistema que

apresentou melhor distribuição de organismos dentro de cada grupo e, conseqüentemente, maior diversidade, em relação aos monocultivos e à área sem vegetação.

Leal et al. (2004) realizaram a caracterização microbiológica do substrato de quatro cavas de extração de argila com diferentes épocas de abandono: cava recém explorada, cava com um, quatro e dez anos de abandono, respectivamente, área 1, 2, 3 e 4. Após seis meses de revegetação foi realizado um levantamento microbiológico no substrato das cavas, onde foi verificado aumento no número de bactérias solubilizadoras de fosfato, bactérias totais e fungos totais (Tabela 2), principalmente nas cavas com maior tempo de abandono (área 3 e 4). Comparações realizadas dentro e fora da área revegetada, evidenciaram maiores números de microrganismos no substrato sob cultivo, indicando que já aos seis meses após o plantio, fatores mais sensíveis da qualidade do solo, como é o caso da população microbiana do substrato, já estão sendo alterados em função dos plantios nas cavas.

proporcionam a melhoria dos atributos químicos e microbiológicos dos substratos.

2. Os plantios consorciados com leguminosas são mais recomendáveis do que o uso de plantios puros de eucalipto uma vez que o consórcio não afeta o crescimento do eucalipto além de aumentar a diversificação de produtos.

3. A fauna do substrato apresenta grande sensibilidade respondendo rapidamente ao manejo da área e indicando melhorias na qualidade do solo quando revegetado.

4. O uso de micorrizas e rizóbio associados às leguminosas é uma ferramenta importante no aumento de N e no incremento de matéria orgânica com menor relação C/N ao sistema

5. A escolha da espécie vegetal é importante, uma vez que nem todas suportam o índice salino local.

6 – O uso de resíduos agroindústrias na produção de mudas e na adubação das cavas deve ser realizado de forma criteriosa

Tabela 2- Efeito da revegetação, aos 6 meses, sobre o número de Bactérias Totais (BT), Bactérias Solubilizadoras (BS) e Fungos Totais (FT), em cavas de extração de argila

Variável	Período	Local			
		Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
BT(10 ⁵)	Antes revegetação	0.59 Aa	1.03 Aa	0.24 Ba	0.33 Aa
	6 meses após plantio	1.06 Ab	0.83 Ab	41.98 Aa	8.87 Ab
BS(10 ⁵)	Antes revegetação	0.31 Aa	0.59 Aa	0.08 Ba	0.21 Ba
	6 meses após plantio	0.45 Ab	0.58 Ab	7.85 Aa	7.10 Aa
FT(10 ⁴)	Antes revegetação	1.03 Aa	0.15 Aa	0.20 Ba	0.13 Ba
	6 meses após plantio	0.42 Ab	0.36 Ab	9.63 Aa	3.08 Ab

Para uma mesma variável, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, comparando épocas e letras minúsculas na linha, comparando as quatro áreas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Fonte: Leal et al. (2004)

5. Conclusões

1. A revegetação com plantios puros ou consorciados com espécies leguminosas nas cavas de extração de argila

6. Agradecimentos

À FAPERJ pelo financiamento do projeto “Reutilização de Áreas Degradadas pela Extração de Argila” e bolsa de fixação

de pesquisador do primeiro autor; a CAPES, ao CNPq e a UENF, pelas bolsas de iniciação científica de mestrado e de doutorado. Aos professores, alunos de pós-graduação, graduação, bolsistas e

funcionários da UENF, que trabalharam e ainda trabalham no grupo de pesquisa e aos ceramistas do município de Campos dos Goytacazes, que cederam as áreas para a realização dos experimentos.

Referências bibliográficas

Associação Brasileira de Cerâmica – ABECERAM. Disponível em: <http://www.abeceram.org.br/asp/abc-21.asp>, Acesso em: 02/03/2007.

AUMOND, J.J., BALISTIERI, P.R.M.N. Custos de reabilitação ambiental na mineração de matérias primas cerâmicas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. Anais... Viçosa: Folha Florestal, 1997. p. 36-41.

BALISTIERI, P.R.M.N., AUMOND, J.J. Recuperação ambiental em mina de argila, Doutor Pedrinho – SC. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. Anais... Viçosa: Folha Florestal, 1997. p. 42 – 51.

BARROSO, F.G., CARNEIRO, J.G.A., MARINHO, C.S., LELES, P.S.S., NEVES, J.C.L., CARVALHO, A. JR. C. Efeito de adubação em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) e aroeira (*Schinus terebinthifolius*) produzidas em substrato constituído de resíduos agroindustriais. **Revista Arvore**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 433-441, 1998.

BATISTA, Q. R. **Qualidade química e biológica de uma área degradada pela extração de argila, revegetada com *Eucalyptus* spp. e sabiá em plantios puros e consorciados**. 2006. 43f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes,.

BRASIL, DZ-1836.R-2 - Diretriz para o licenciamento de atividades de extração mineral. Publicada no DOERJ de 29 de março de 1994. Disponível em: <http://www.feema.rj.gov.br/legislacao/DZ1836R2.html>, acessado em 14/05/2007.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/sf/legislacao/const/> acesso em 14/05/2007).

CAMPELLO, E.F.C. O papel de leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas na recuperação de áreas degradadas. In: BALENSIEFER, M. (org) **Recuperação de áreas degradadas - Curso de Atualização 3**, Curitiba: FUPEF, 1996. p. 11-16.

CAMPELLO, E. F. C. **A Influência de leguminosas arbóreas fixadoras de N na sucessão vegetal em áreas degradadas na Amazônia**. 1999. 121f. Dissertação (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CAMPOS, J.B. Efeitos sócio-econômicos e ambientais das indústrias ceramistas 4 e das atividades de extração de argila (Barreiros) em áreas de preservação ambiental: O caso da região de Maringá. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. Anais... Viçosa: Folha Florestal, 1997. p. 535-543.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Viçosa, Editora Folha de Viçosa: UFPR/FUPEF, 1995. 451p.

CARNEIRO, M.A.C., SIQUEIRA, J.O., CURI, N., MOREIRA, F.M.S. Fungos micorrízicos e superfosfato no acúmulo de nitrogênio e no crescimento de plantas herbáceas em solo degradado.

In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. Anais... Viçosa: Folha Florestal, 1997. p. 231-239.

CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. **Grupos de Pesquisa**, Brasília, DF, 2007. disponível em: <http://dgp.cnpq.br/buscaoperacional/> acessado em 10/05/2007.

COLLIER, L.S. **Metais pesados em solos tratados com composto de resíduo sólido urbano**. 1999. 108f. Dissertação (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

COSTA JUNIOR, P. F. **Comportamento de leguminosas arbóreas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e rizóbio em estéril de extração de argila**. 1997. 71f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes,.

COUTINHO, M. P. **Crescimento de *Sesbania virgata* (Cav) Pers. em cavas de extração de argila**. .2003. 54f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

COUTINHO, M. P.; CARNEIRO, J. G. A. ; BARROSO, D. G.; RODRIGUES, L. A.; FIGUEIREDO, F. A. M. M.; MENDONÇA, A. V.; NOVAES, A. B. Crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. plantadas em cavas de extração de argila. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 231-240, 2005.

COUTINHO, M. P.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; RODRIGUES, L. A.; SIQUEIRA, J. Substrato de cavas de extração de argila enriquecido com subprodutos agroindustriais e urbanos para a produção de mudas de sesbânia. **Revista Árvore**, Viçosa, v 30, n. 1, p. 147-153, 2006.

CRUZ, A. F., MARTINS, M.A. Transferência de nitrogênio entre plantas interconectadas por fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 21, p. 559-565, 1997.

CRUZ, A.F. **Influência de fungos micorrízicos arbusculares na transferência de nitrogênio das plantas de feijão e caupi para o milho cultivado sob sistema de consórcio**. 1996. 59f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes,.

DIAS, L.E. Papel das leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas na recuperação de áreas degradadas. In: BALENSIEFER, M. (org) **Recuperação de áreas degradadas. Curso de Atualização 3** Curitiba: FUPEF, 1996. p. 17-28.

ENGEL V. L. PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, PY; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V. L. GANDARA, F. B. (Org) **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. FEPAF Botucatu, SP, 2003. 340p.

ERTHAL, F; LATGÉ, M; MANSUR, K; MAURÍCIO, M. **Panorama do Setor Mineral Fluminense**. In: Simpósio de Geologia do Sudeste 7, 2001, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UERJ, 2001. Disponível em: <http://www.drm.rj.gov.br/> Acessado em 24/05/2007.

FERREIRA, DANIELE DE ALVARENGA ; LAMÔNICA, KELLY RIBEIRO ; MENDONÇA, ANDREA VITA REIS ; BARROSO, D. G. ; SANTIAGO, ANDERSON RIBEIRO ; COUTINHO, MARCOS PELLEGRINI . Introdução de espécies florestais em diferentes modelos de reabilitação em cavas de extração de argila. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA 9/MOSTRA DE PÓS-GRADUAÇÃO 4, 2004, Campos dos Goytacazes. Resumos Campos dos Goytacazes: UENF, 2004. 1 CD.

FRANCO, A. A., CAMPELLO, E. F. C., MONTEIRO, E. M. S., CUNHA, C. O., CAMPOS NETO, D. ; DOBEREINER, J. Nodulated legume trees for the recuperation of acid tropical soil. In: THE NORTH AMERICAN SYMBIOTIC NITROGEN FIXATION CONFERENCE, 12., 1989, IOWA. Prodeedings. IOWA: Iowa State University, 1989. p.70.

FRANCO A. A., Revegetação de solos degradados. In: WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1., 1991, Itaguaí. Anais... Itaguaí: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1991. p. 133-157.

FRANCO, A. A., FARIA, S. M. The contribution of N₂-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. **Soil Biol. Biochem.** v. 9, n. 516, p. 897-903, 1997.

FREY B., SCHUEPP, H. Transfer of symbiotically fixed nitrogen from berseem (*Trifolium alexandrinum* L.) to maize via vesicular-arbuscular mycorrhizal hyphae. **New Phytol.** v. 122, p. 447-454, 1992.

HAMEL, C. Prospects and problems pertaining of the management of arbuscular mycorrhizae in agriculture. **Agriculture, Ecosystems and Environment.** v. 60, p. 197-210, 1996.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in mid-Atlântic soils as influenced by conservation management. **Journal of soil and water conservation**, v.55, p. 69-78, 2000.

LAMÔNICA, K. R. **Avaliação da serapilheira e vegetação espontânea e de plantios puros e consorciados de eucalipto, em cava de extração de argila.** 2006. 27f. Dissertação (Monografia de graduação em Agronomia) – Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

LAMÔNICA, K. R.; BARROSO, D. G.; RODRIGUES, L. A.; MENDONÇA, A. V. R.; FREITAS, M. D. S.. Serapilheira e vegetação espontânea em plantios puros e consorciados de eucalipto em cavas de extração de argila. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO 2 - IUFRO, 2006, La Serena. Anais... Vienna: International Union of Forest Research organizations, CONAF, 2006. p. 207-207. Disponível em: <http://www.iufro.org/uploads/media/t3-lamonica-kelly-et-al.doc>. Acesso em 10 maio 2007.

LÊ TACON, F., GARBAYE, J., CARR, G. The use of Mycorrhizas in the temperate and tropical forest. **Symbiosis**, v. 3, p. 1979-2006, 1987.

LEAL, P. L.; RODRIGUES, L. A.; MARTINS, M. A.; OLIVEIRA, V.; LIMA, E. Alves de; SCHIAVO, J.; MENDONÇA, A. V. R.; COUTINHO, M. P. Efeito da revegetação sobre a microbiota de substrato de cava de extração de argila, no município de Campos dos Goytacazes. In: FERTBIO-2004, Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo 26; Reunião Brasileira sobre Micorrizas 10, Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo 7; Reunião Brasileira de Biologia do Solo 5, 2004, Lages. Resumo expandido... Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 1 CD.

LEIDI, E.O.; RODRÍGUEZ-NAVARRO, E. Nitrogen and phosphorus availability limit N₂ fixation in bean. **New Phytol.** v. 147, p. 337-346, 2000.

MARSCHNER, H., DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil** v. 159, p. 89-102, 1994.

MARTINS, M. A. **Interactions between plants with special reference to the role of the external mycelium of VA mycorrhizal fungi.** 1992a, 171 p. Tese PhD - The University of Sheffield, England.

MARTINS, M. A. The role of the external mycelial network of arbuscular mycorrhizal fungi in the carbon transfer process between plants. **Mycol. Res.**, Cambridge, v. 97, p. 807-810, 1993.

MARTINS, M. A. The role of the external mycelial network of VA mycorrhizal fungi. A study of carbon transfer between plants interconnected by a common mycelium. **Mycorrhiza**, v. 2, p. 69-73, 1992b.

MARTINS, M. A., READ, D.J. The role of the external mycelial network of VA mycorrhizal fungi. II A study of phosphorus transfer between plants interconnected by a common mycelium. **Rev. de Microb.**, v. 27, p.30-35, 1996.

MARTINS, M.A., CRUZ, A.F. The role of the external mycelial network of arbuscular mycorrhizal fungi: III. A study of nitrogen transfer between plants interconnected by a common mycelium. **Revista de microbiologia**, v. 29, p.289-294, 1998.

MENDONÇA, A. V. R. **Reabilitação de cavas de extração de argila e tolerância de espécies florestais à salinidade**. 2006. 112f. Dissertação (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

MILLER, R.M.; JASTROW, J.D. The application of VA mycorrhizae to ecosystem restoration and reclamation. In: ALLEN, M. F. **Mycorrhizal functioning: An integrative plant-fungal process**. New York: Chapman e Hall. 1992. p. 438-467.

MOSSE, B. Specificity in VA mycorrhizas. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B. & TINKER, P.B. (eds). Endomycorrhizas. London: Academic Press. 1975. p. 469-484.

NEWMAN, E.I. Mycorrhizal links between plants: Their functioning and ecological significance. **Advances in Ecological Research**, v. 18, p. 243-270, 1988.

NORBY, R. J.; JACKSON R. Root dynamics and global change: seeking an ecosystem perspective. **New Phytol.** v. 147, p. 3-12, 2000. Review

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. 1ª. Edição. Viçosa: UFV, DPS, 1999. 399p.

PAULÚCIO, V. O. Qualidade química e biológica de área degradada pela extração de argila, revegetada com eucalipto e leguminosas inoculados com micorrizas. 2007. 106f. Dissertação (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

PAULUCIO, V.; SCHIAVO, J.A.; MARTINS, M.A.; RODRIGUES, L.A.; DETMANN, E. Avaliação da atividade microbiológica com indicadores de qualidade do solo em área de extração de argila no Norte Fluminense In: In: FERTBIO-2004, Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo 26; Reunião Brasileira sobre Micorrizas 10, Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo 7; Reunião Brasileira de Biologia do Solo 5, 2004, Lages. Resumo expandido... Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 1 CD.

Pólo Cerâmico de Campos dos Goytacazes - Uma Questão de Tecnologia. Disponível em: <http://www.drm.rj.gov.br> Acessado em 20 de maio 2007

PRALON, A. Z. **Produção de mudas de Mimosa caesalpiniaefolia, inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e rizóbio, em estéril de extração de argila misturado com o resíduo ferkal**. 1999. 69f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes,.

PRALON, A. Z., MARTINS, M. A. Utilização de resíduo industrial Ferkal na produção de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia*, em estéril de extração de argila, inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e rizóbio. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 25, p. 55-63, 2001.

RAMOS, D.P., MANZATTO, C. V. **Estudos de solos para ordenamento do uso cerâmico das argilas da Baixada Campista, Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 19p. (Documento 52)

RAMOS, I. de S., ALEXANDRE, J., ALVES, M. da G., BARROSO, J. A., TEIXEIRA, L. S., CORREA, F. DE P. Dimensionamento da indústria cerâmica em Campos dos Goytacazes, RJ. In: CONGRESSO DE BRASILEIRO DE CERÂMICA, 47, 2003, João Pessoa. Anais... São Paulo: Associação Brasileira de cerâmica, 2003 CD

RIBEIRO, A. C. ; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES V. V. H. Editores. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª. aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. 259p.

RODRIGUES, L.A. **Crescimento e absorção de nutrientes por plantas de Eucalyptus grandis e leguminosas em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e rizóbio**. 2001. 110f. Dissertação (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

RODRIGUES, L. A.; MARTINS, M. A.; SALOMÃO, M. S. M. B. Uso de micorrizas e rizóbio em cultivo consorciado de eucalipto e sesbânica: I – Crescimento, absorção e transferência de nitrogênio entre as plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 583-591. 2003a.

RODRIGUES, L. A.; MARTINS, M. A.; SALOMÃO, M. S. B. . Uso de micorrizas e rizóbio em cultivo consorciado de eucalipto e sesbânica. II Absorção e eficiência de utilização de fósforo e frações fosfatadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 593-599, 2003b

RODRIGUES, L. A.; AZEVEDO, E. B. ; MARTINS, M. A. . Respostas de eucalipto a consorciação com acácia e a inoculação com fungos micorrízicos e rizóbio. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2003, Ribeirão Preto, Resumo expandido. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003c. 1 CD.

RYLTER, R. M., **Fine root production and carbon and nitrogen allocation in basket willows**. 1997. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.

SANTIAGO, A. R. **Eucalipto em plantios puros e consorciados com sesbânia na reabilitação de cavas de extração de argila**. 2005. 77 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

SCHIAVO, J. A. Revegetação de áreas degradadas pela extração de argila, com espécies micorrizadas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis*. 2005. 117f. Dissertação (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

SCHIAVO, J.A. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) e Acácia mangium Willd colonizadas com fungos micorrízicos arbusculares, em blocos prensados, confeccionados com resíduos agro-industriais. 2001. 86 f. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense– Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

SILVA, C. F. DA, OLIVEIRA, W. R. D. DE; CORREIA, M. E. F.; SILVA, E. M. R. DA & MARTINS M. A. Indicadores biológicos em áreas degradadas pela extração de argila revegetadas com *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO 31, 2007, Gramado, Resumo expandido. Gramado: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1 CD.

SILVEIRA, A.P.D. MICORRIZA. In: CARDOSO, E.F.B., TSAI, S.M.; NEVES, M. **Microbiologia do solo**, Campinas, 1992, p. 257-283.

SIQUEIRA, J. **Efeito do resíduo industrial “ferkal” em algumas características químicas e microbiológicas de um solo de cava de extração de argila**. 2005, 29f. Trabalho de conclusão de curso (graduação em agronomia), Universidade Estadual do Norte Fluminense - Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

SIQUEIRA, J. O., PAULA, M. A. Efeito de micorrizas vesículo-arbusculares na nutrição e aproveitamento de fósforo pela soja em solos do cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 10, p. 97-102, 1986.

SOUZA, F. A.; SILVA, E. M. R. Micorriza arbusculares na revegetação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA, O (Ed) **Avanços em Fundamentos e Aplicações de Micorrizas**, Lavras, UFLA, 1996. p. 255-290.

VALICHESKI, R. R. **Avaliação técnica e econômica da reutilização de áreas de extração de argila em Campos dos Goytacazes-RJ**. 2004, 132 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes.