

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MODALIDADE PROFISSIONAL

**RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE ÁREAS DEGRADADAS PELA EXTRAÇÃO DE
ARGILA NA REGIÃO NORTE FLUMINENSE**

BRÍCIO MARCELINO DA SILVA

Campos dos Goytacazes, RJ

2010

BRÍCIO MARCELINO DA SILVA

**RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE ÁREAS DEGRADADAS PELA EXTRAÇÃO DE
ARGILA NA REGIÃO NORTE FLUMINENSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, na área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Desenvolvimento e Sustentabilidade.

Orientador: Professor D.Sc Vicente de Paulo Santos de Oliveira – Doutor em Engenharia Agrícola – UFV.

Campos dos Goytacazes, RJ

2010

BRÍCIO MARCELINO DA SILVA

**RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE ÁREAS DEGRADADAS PELA EXTRAÇÃO DE
ARGILA NA REGIÃO NORTE FLUMINENSE**

Dissertação intitulada Recuperação Ambiental de Áreas Degradadas pela Extração de Argila na Região Norte Fluminense, elaborada por Brício Marcelino da Silva e apresentada publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, na área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Desenvolvimento e Sustentabilidade do Instituto Federal Fluminense.

Aprovada em 27 de maio de 2010.

Banca Examinadora

Orientador: Professor D. Sc. Vicente de Paulo Santos de Oliveira

Professor D. Sc. Mauri Lima Filho – UFRRJ

Professor D. Sc. Maurício Ribeiro Gomes – UNIVERSO - Campos dos Goytacazes

“E a gente se sente um semideus, pelo poder de gerar,
pela capacidade de despertar o cio da terra.”

Rubem Alves

Dedico este trabalho à minha esposa Ana Beatriz (em memória), companheira de longa jornada e às minhas filhas Ana Carolina, Ana Luiza, Ana Clara e Ana Júlia, pois sem o incentivo delas este trabalho não seria possível.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem ele, nada é possível.

A Sydamaiah Alves da Costa pelo apoio incondicional, incentivo, carinho e dedicação que me deu.

Ao amigo e professor orientador Vicente de Paulo Santos de Oliveira, pela condução firme profundamente comprometida com meu crescimento.

A bolsista Elaine dos Santos Pedroza que participou ativamente do andamento do projeto.

Aos trabalhadores da Unidade de Pesquisa Agro-Ambiental (UPEA) que abraçaram o projeto tornando-o possível.

Ao Sr. Wilson Quintino de Sousa que com sua experiência no campo e sua boa vontade nos prestou uma contribuição inestimável.

Aos membros da banca por compartilharem suas experiências profissionais nesta avaliação.

Ao Instituto Federal Fluminense que, através de sua Reitora, Cibele Daher Monteiro, dos seus coordenadores e demais funcionários, nos apoiaram em todos os momentos.

RESUMO

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar o estado de fertilidade do solo de cavas de extração de argila no município de Campos dos Goytacazes, RJ e desenvolver um modelo de revegetação para a recuperação ambiental dessas áreas, fazendo uso de espécies nativas. Foi realizado o acompanhamento do desenvolvimento inicial do modelo proposto, visando identificar quais espécies arbóreas são as mais indicadas ao novo ambiente e sujeitas a encharcamentos em determinadas épocas do ano, promovendo, desta forma, o início de uma recuperação ecológica nestas áreas, possibilitando a sua utilização como áreas destinadas à Reserva Legal das propriedades rurais, permitindo ainda, que sejam incluídas em projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), relacionados ao seqüestro de carbono, que se configura como uma interessante alternativa econômica. Foram selecionadas 11 cavas inseridas na região de extração, onde se realizou a coleta de amostras de solo para as análises químicas que indicaram que, quando o horizonte A do solo é preservado, ele mantém quase todas as características que são essenciais para a recuperação ambiental. O modelo de revegetação para a recuperação ambiental foi implantado em uma das cavas, com 112 mudas de espécies nativas de 12 diferentes espécies, pioneiras e secundárias, que apresentaram crescimento inicial dentro das expectativas, superando em alguns casos, árvores da mesma espécie, plantadas fora do ambiente da cava. As espécies *Schinus terebinthifolius* (Aroeira), *Croton urucurana* (Sangra d'água) e *Inga uruguensis* (Ingá do brejo) foram as que melhor se adaptaram ao ambiente degradado e ao veranico (período seco). As espécies *Psidium cattleianum* (Araçá coroa) e *Cecropia pachystachya* (Embaúba do brejo) foram as que se mostraram mais sensíveis às mudanças do terreno e do clima, apesar do crescimento expressivo da *Cecropia pachystachya*. A escassez de dados para espécies nativas na Baixada Campista é outro aspecto que merece ser destacado. A avaliação econômica foi feita a partir da valoração dos componentes de produção (serviços e insumos).

Palavras chave: Revegetação, recuperação ecológica, cava de argila, degradação por mineração

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the fertility of the clay mining pits soil in the city of Campos dos Goytacazes, RJ and develop a revegetation model for environmental restoration in these areas, using native species. A follow up was conducted in the initial model's development, to identify which tree species are best suited to a new environment and are subject to flooding at certain times of the year, thus fostering the initiation of an ecological restoration in these areas, allowing their use as sites for the legal reservations of rural properties, allowing also to be included in projects of Clean Development Mechanism (CDM), related to carbon sequestration, which is intended as an interesting economic alternative. We selected 11 pits within the region of extraction, which were held to collect soil samples for chemical analysis that indicated that, when the horizon of the soil is preserved, it retains almost all the features that are essential to ecological restoration. The model of revegetation for environmental remediation was implemented in one of the arches, with 112 native species of 12 different species, pioneers and secondaries, that growth was initially in line with the expectations, surpassing in some cases, trees of the same species, planted out the environment of the pit. Species *Schinus terebinthifolius* (Aroeira), *Croton urucurana* (Sangra D'água) and *Inga uruguensis* (Inga do Brejo) were those best adapted to the degraded environment and the dry period (dry season). The species *Psidium cattleianum* (Araçá Coroa) and *Cecropia pachystachya* (Embaúba do Brejo) were the ones that were more sensitive to soil and climate changes, despite the significant growth of *Cecropia pachystachya*. The scarcity of data on native species in the Baixada Campista is another aspect that deserves to be mentioned in particular. The economic evaluation was made from the valuation of yield components (services and inputs).

Keywords: Revegetation, ecological restoration, dig clay, degradation by mining.

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	Modelo de plantio utilizado para revegetação da Cava.....	51
Quadro 02	Representação das fases de desenvolvimento do projeto e os grupos ecológicos utilizados em cada fase.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Tipo de vegetação e percentagem do total de C de cada ecossistema.....	24
Tabela 02	Classes de pH do solo.....	31
Tabela 03	Dados médios climáticos de Campos dos Goytacazes.....	48
Tabela 04	Espécies arbóreas utilizadas inicialmente na recuperação de cavas oriundas da extração de argila na região de Campos dos Goytacazes, RJ.....	52
Tabela 05	Propriedades químicas de substrato da cava de extração de argila na camada de 0,20 m de profundidade.....	58
Tabela 06	Comparação entre o crescimento na cava e fora dela.....	61
Tabela 07	Valores do diâmetro médio a Altura do Colo (DAC) das espécies no período de 30 dias a 300 dias após o plantio em cava de argila, no município de Campos dos Goytacazes, RJ.....	62
Tabela 08	Valores da altura média das espécies no período de 30 dias a 300 dias após o plantio em cava de argila, no município de Campos dos Goytacazes, RJ.....	62
Tabela 09	Quantidade de horas utilizadas nas atividades desenvolvidas no experimento.....	66
Tabela 10	Espécies higrófitas a serem testadas no ambiente de cava.....	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Fluxograma de procedimentos necessários para a concessão de lavra.....	18
Figura 02	Abordagens na restauração ecológica, na visão de Engel e Parrotta.....	39
Figura 03	Mapa de localização do município de Campos dos Goytacazes.....	44
Figura 04	Vegetação nativa remanescente no Estado do Rio de Janeiro.....	46
Figura 05	Região das jazidas no município de Campos dos Goytacazes.....	49
Figura 06	Localização das cavas amostradas.....	50
Figura 07	Mapa de distribuição das espécies na área de estudo.....	53

Figura 08	Valão de prospecção para estimativa do potencial da jazida.....	55
Figura 09	Jazida após exploração utilizando retroescavadeiras.....	56
Figura 10	Preenchimento de água do lençol freático em cava em processo de extração.....	56
Figura 11	Jazida sem reposição do horizonte A após a extração de argila.....	57
Figura 12	Exemplar de Embaúba após 7 meses de plantio.....	61
Figura 13	Evolução do diâmetro médio a Altura do Colo (DAC) de espécies pioneiras no período de 30 dias a 300 dias após o plantio em cava de argila, no município de Campos dos Goytacazes, RJ.....	63
Figura 14	Evolução do diâmetro médio a Altura do Colo (DAC) de espécies secundárias no período de 30 dias a 300 dias após o plantio em cava de argila, no município de Campos dos Goytacazes, RJ.....	63
Figura 15	Evolução da altura média das espécies pioneiras no período de 30 dias a 300 dias após o plantio em cava de argila, no município de Campos dos Goytacazes, RJ.....	64
Figura 16	Evolução da altura média das espécies pioneiras no período de 30 dias a 300 dias após o plantio em cava de argila, no município de Campos dos Goytacazes, RJ.....	64

SUMÁRIO

1. Introdução	12
2. Revisão bibliográfica	
2.1. Antecedentes Ambientais.....	14
2.2. Legislação.....	16
2.3. Seqüestro de Carbono.....	23
2.4. Atributos do solo.....	24
2.5. Degradação ambiental.....	35
2.6. Caracterização da Região.....	43
3. Materiais e Métodos.....	51
4. Resultados e Discussão	
4.1. O Processo de Extração de Argila.....	55
4.2. Resultados da Análise do Solo das Cavas Amostradas.....	58
4.3. Avaliação dos parâmetros de crescimento das espécies vegetais.....	60
4.4. Custos de implantação e manutenção.....	66
5. Conclusão.....	68
6. Referências Bibliográficas.....	71

1 - INTRODUÇÃO

Na região norte fluminense, a indústria extrativista tem grande expressão, sendo responsável, atualmente, por 84% da produção nacional de petróleo (PETROBRÁS, 2008) e na produção de cerca de 120 milhões de peças de cerâmica por mês, sendo o maior pólo produtor de tijolos do país. A Indústria sucro-alcooleira, com o cultivo extensivo de cana para produção de açúcar e álcool, também ocupa um lugar de destaque. Todas essas atividades causam grandes modificações no ambiente, seja pela extensão, como no caso das plantações de cana de açúcar que ocupam 200.000 hectares (CAMPOS DOS GOYTACAZES, 2005), seja pelo potencial poluidor, como no caso do petróleo ou pela destruição do solo como é o caso das cerâmicas (RAMOS, 2000).

A indústria cerâmica, apesar de ter grande importância para a região, é uma das que mais impacta, negativamente, o ambiente. Atualmente, elas extraem cerca de 7.000 m³ diários de argila. Ramos (2000) estima haver no norte fluminense uma jazida total de 1.591.460.000 m³ de argila, com uma área total explorável de 620 km², sendo esta, portanto, a área a ser impactada diretamente por essa atividade. Levando-se em conta as clareiras, as lavras abertas, bordaduras e aceiros tem-se uma área degradada bastante expressiva.

Com o declínio da cultura canavieira, a venda da argila para a indústria cerâmica tornou-se uma importante opção econômica para os proprietários de terras da Baixada Campista.

Para a exploração da jazida, a autorização de lavra prevê a recuperação dessas áreas pelo minerador, obrigando-o a tornar possível “o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente” (Decreto lei 97.632/89) e ainda atender a Medida Provisória nº 2.166-67/2001, que institui que o proprietário ou possuidor de imóvel rural deve recompor a reserva legal de sua propriedade mediante o plantio, a cada três anos, de no mínimo 1/10 da área total necessária à sua complementação, com espécies nativas ou conduzir a regeneração natural da reserva legal.

Estabeleceu-se como objetivo dessa pesquisa revegetar uma área experimental com espécies nativas da Baixada Campista, acompanhando seu desenvolvimento inicial visando

identificar quais espécies arbóreas são as mais indicadas a esse novo ambiente onde parte do solo foi retirado e que está sujeito ao encharcamento em determinadas épocas do ano, promovendo, com isso, o início de uma recuperação ecológica que possibilita a utilização dessas áreas como Reserva Legal das propriedades, além de permitir a sua inclusão em programas relacionados ao seqüestro de carbono, abrindo a oportunidade de participarem dos projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), além de avaliar o estado de fertilidade do solo de cavas de extração de argila e desenvolver um modelo de revegetação alternativo para a recuperação ambiental de áreas com esse tipo de intervenção.

A parte experimental deste trabalho constou do acompanhamento do desenvolvimento inicial de onze espécies arbóreas nativas e uma espécie arbórea exótica, em uma área com um ano de explorada, onde foi encontrada uma cobertura de vegetação rasteira. A área recebeu 112 mudas que foram avaliadas por 10 meses.

2 - REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 Antecedentes Ambientais

A recuperação dos danos antrópicos à natureza é possível através de ações de reparação. Leis que impedem a destruição ou obrigam a recuperação do meio ambiente podem contribuir neste sentido.

No Brasil, essa proteção começa na forma de regras e limites para exploração de terras, águas e vegetação a partir do Século XVI, quando as Ordenações Manuelinas e Filipinas estabeleceram uma lista de árvores reais, que passaram a serem protegidas por lei, surgindo daí a expressão utilizada até hoje, madeira de lei (MIRANDA, 2008).

Em 1600, o Regimento do Pau Brasil, estabelecia o direito de uso sobre as árvores e não sobre as terras. As reservas florestais da Coroa, não podiam ser destinadas à agricultura (MIRANDA, 2008).

Em 1760, um alvará real de Dom José I protegeu os manguezais. Em 1797, uma série de cartas régias consolidou leis estabelecendo que pertenciam à Coroa todas as matas à borda da costa, de rios que desembocassem no mar ou que permitissem a passagem de jangadas transportadoras de madeiras. As penas previstas na lei eram de multa, prisão, degredo e até pena capital para incêndios dolosos. É deste período o Regimento de Cortes de Madeiras com regras rigorosas para a derrubada de árvores, além de outras restrições à implantação de roçados.

Dom João VI criou em junho de 1808 o Real Horto Botânico do Rio de Janeiro. Uma ordem, de 9 de abril de 1809, deu liberdade aos escravos que denunciassem contrabandistas de pau-brasil.

Nota-se, porém, que todas as ações implantadas até essa época, têm por objetivo, apenas a manutenção da exclusividade de extração ou melhora na comercialização do pau-brasil pela coroa portuguesa e não a proteção do meio ambiente nessas áreas. Porém, foram muito importantes na direção da preservação.

Essa realidade só começou a mudar quando a cidade do Rio de Janeiro começou a crescer. Em 1812, teve início, na região da Tijuca, que fazia parte da zona rural, uma intensa

ocupação e, com o decreto de 3 de agosto de 1817, o governo começou a tomar medidas para impedir o desmatamento, proibindo a derrubada da mata onde se formavam os rios Paineiras e Carioca, medida que não teve os resultados esperados (RIOTUR, 2009).

As florestas e matas daquela área foram devastadas para plantio, e sua madeira usada para lenha e carvão destruindo as nascentes que abasteciam a cidade, ocasionando falta d'água. O restante da mata, ainda abundante nos morros, foi devastada para o plantio do café, levando o ministro Almeida Torres a propor a desapropriação da área e o plantio de árvores para salvar os mananciais do Rio de Janeiro. Em 1854, começaram a serem desapropriados sítios, com essa finalidade pelo ministro Couto Ferraz.

Em 1861, pelo decreto imperial 577 de Dom Pedro II foram criadas as florestas da Tijuca e das Paineiras, empreitada conduzida sob a direção do Major Manuel Gomes Archer e do administrador Thomás Nogueira da Gama. Este decreto cria o primeiro exemplo, no Brasil, de reconstituição de cobertura vegetal incluindo espécies nativas. O Major Archer reflorestou as matas da região da Tijuca por 13 anos, plantando cerca de 80 mil mudas de espécies variadas de árvores, nativas e exóticas. O Barão Gastão d'Escragnolle continuou o replantio, introduzindo mais 30 mil mudas. Foi de d'Escragnolle a transformação da floresta em área de lazer, com um parque para uso público, inserindo espécies exóticas, criando pontes, fontes, lagos e locais de lazer com auxílio do paisagista francês Augusto Glaziou (RIOTUR, 2009).

Thomás Nogueira da Gama recuperou as matas do Sumaré e das Paineiras, plantando mais de 20 mil mudas de árvores. A junção de todas essas áreas deu origem a uma deslumbrante floresta, que se desenvolveu ao longo dos anos por processos naturais de sucessão ecológica, numa área com cerca de 3.200 hectares, mesclando espécies exóticas com centenas de espécies da fauna e da flora só encontradas na Mata Atlântica, formando a maior floresta em área urbana do mundo na atualidade (RIOTUR, 2009).

Depois disso, até a década de 1980, uma das poucas iniciativas visando à restauração florestal em grandes proporções foi a reposição de mata ciliar desenvolvida no município de Cosmópolis, estado de São Paulo, iniciada no ano de 1955 (ALMEIDA, 2000).

Nos anos oitenta foram implantados os projetos de recuperação da Serra do Mar na área de Cubatão, SP, e um estudo sobre a recuperação das cabeceiras do rio Corumbataí, conduzido por Kageyama e sua equipe. Sob uma nova ótica, propõem o uso da combinação das espécies de diferentes grupos ecológicos, utilizando a sucessão secundária para novos

modelos de recuperação, coincidindo com o aumento da conscientização e das exigências legais (ALMEIDA, 2000).

2.2 Legislação

A extração de argila provoca a diminuição da qualidade do solo, obrigando a criação de uma legislação específica para regulamentar essa atividade.

A Constituição Federal através do Art. 225 exerce o papel de principal norteador das questões ambientais no país, buscando garantir um meio ambiente ecologicamente equilibrado, já que se trata de um bem de uso comum do povo que deve ser preservado e mantido para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

Além de consagrar a preservação do meio ambiente, a Constituição procurou definir as competências dos integrantes da federação, disciplinando a competência para legislar e para administrar a proteção ambiental, dividindo esta competência entre a União, Estados, Municípios e Distrito Federal (BRASIL, 1988).

No Art. 23 é concedida à União, Estados, Municípios e ao Distrito Federal a competência comum, pela qual os integrantes da federação atuam em cooperação administrativa, visando preservar as florestas, a fauna e a flora, além de registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios, procurando alcançar os objetivos descritos pela própria Constituição. Neste caso, prevalecem as regras gerais estabelecidas pela União, salvo quando houver lacunas, as quais poderão ser supridas, por exemplo, pelos Estados, no uso de sua competência supletiva ou suplementar (BRASIL, 1988).

A União estabelece os moldes a serem observados pelos Estados e Distrito Federal através do Art. 24, onde versa sobre a conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção ao meio ambiente e controle da poluição, proteção do patrimônio paisagístico e a responsabilidade por danos ao meio ambiente (BRASIL, 1988).

Estabelece, ainda, que mediante a observação da legislação federal e estadual, os Municípios podem editar normas que atendam à realidade local ou até mesmo preencham

lacunas das legislações federais e estaduais (Competência Municipal Suplementar) (BRASIL, 1988).

Para o estabelecimento de padrões que tornem possível o desenvolvimento sustentável, com mecanismos e instrumentos capazes de conferir ao meio ambiente uma maior proteção, foi criada a Política Nacional do Meio Ambiente, estabelecida pela Lei 6.938/81, com a criação do o SISNAMA¹ (BRASIL, 1981).

Os princípios elencados no Art. 2º desta Lei trazem as diretrizes desta política, através de normas e planos destinados a orientar os órgãos públicos envolvidos com os objetivos da política nacional, da restauração dos recursos ambientais e da imposição ao poluidor e ao predador, que ficam obrigados a recuperar os danos causados. Os instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente são apresentados no seu Art. 9º.

O Decreto Lei nº 97.632/89 determina que os empreendimentos que se destinem à exploração de recursos minerais deverão, quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), submeter à aprovação do órgão ambiental competente um plano de recuperação de área degradada (BRASIL, 1989). No Rio de Janeiro os empreendimentos menores que 50 hectares, que ficam dispensados de EIA/RIMA pela Diretriz para o Licenciamento de Atividades de Extração Mineral DZ 1836. R-2 (RIO DE JANEIRO, 1994).

O Art. 2º, do mesmo Decreto, definiu o conceito de degradação como os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais (BRASIL, 1989).

Por fim, em seu art. 3º, estabeleceu os Planos de Recuperação das Áreas Degradadas – PRAD que deverão ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente (BRASIL, 1989).

A Resolução CONAMA² nº 001/86, definiu os empreendimentos passíveis de Licenciamento Ambiental, explicitando as regras para obtenção dessa licença, onde podemos

¹ Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA - Congrega os órgãos e instituições ambientais da União, dos Estados, dos Municípios e do Distrito Federal, cuja finalidade primordial é dar cumprimento aos princípios constitucionalmente previstos e nas normas instituídas.

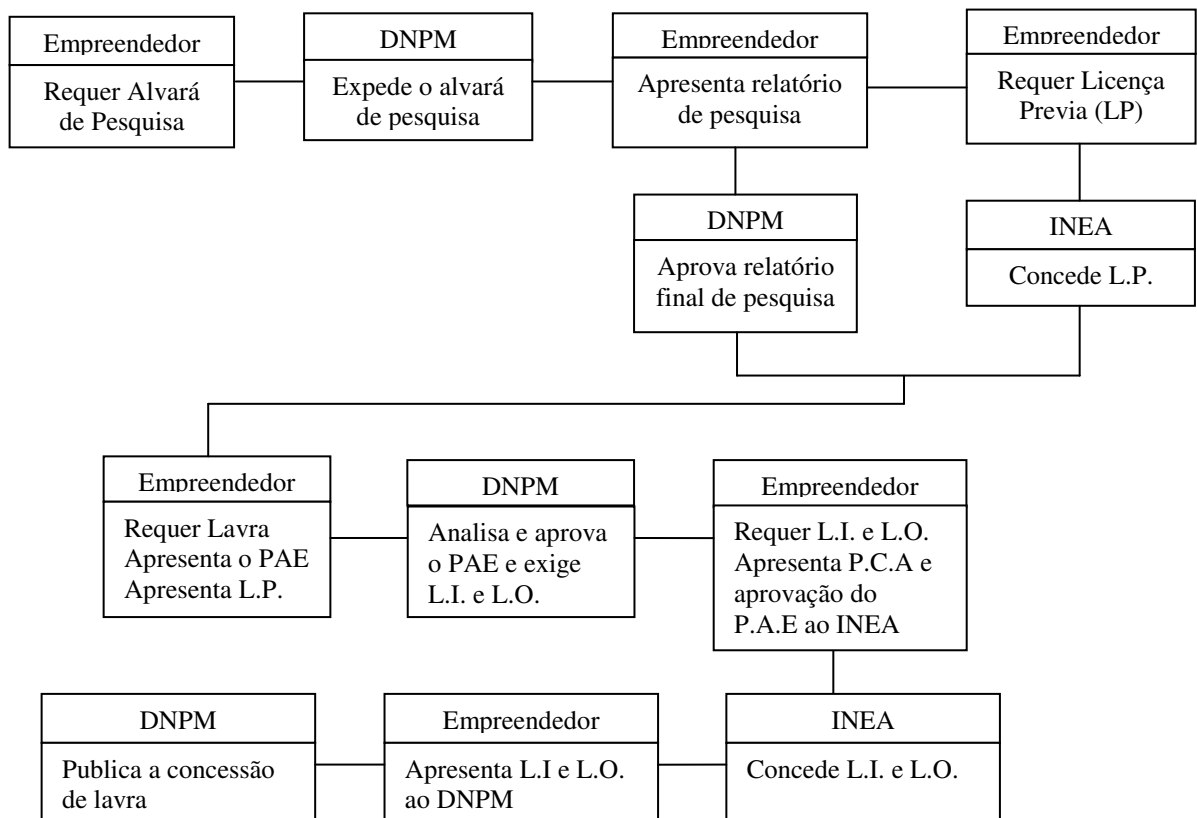
² O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA - é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA.

destacar que toda atividade de mineração é obrigada ao Licenciamento Ambiental, inclusive a dos minerais da classe II (areia, argila e cascalho). Exige, ainda, estudos prévios de impacto ambiental, realizados por equipes multidisciplinares e independentes do empreendedor (IBAMA, 1986).

No estado do Rio de Janeiro o empreendedor está sujeito à Lei Estadual nº 1.356/88 que dispõe sobre os procedimentos vinculados à elaboração, análise e aprovação dos estudos de impacto ambiental e à Diretriz para o Licenciamento de Atividades de Extração Mineral (DZ-1836. R-2). Esta Diretriz estabelece os critérios e procedimentos necessários ao licenciamento ambiental de atividades de extração mineral (Figura 1), como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras – SLAP (RIO DE JANEIRO, 1994).

O SLAP estabelece as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas para que a atividade ou o empreendimento cause o menor impacto possível ao meio ambiente.

Figura 1 - Fluxograma de procedimentos necessários para a concessão de lavra



Fonte: Adaptado da DZ-1836. R-2.

Segundo esta Diretriz as atividades extrativas sujeitas ao licenciamento ambiental que por sua natureza, localização, porte e demais peculiaridades sejam consideradas pela Comissão Estadual de Controle Ambiental ³ (CECA) como sendo de impacto ambiental não significativo (menor do que 50 ha) e com base em parecer técnico do INEA ⁴ devidamente fundamentado, poderão ser dispensados de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), mantendo-se a exigência do Plano de Controle Ambiental (PCA). Este plano é o projeto executivo do conjunto de atividades técnico-científicas destinadas a minimizar os impactos ambientais que venham a ser gerados pela atividade de extração mineral.

Complementam os procedimentos para o licenciamento ambiental de atividades minerais: a Instrução Técnica (IT) 1831-R.2, que define o requerimento para o licenciamento ambiental (documentos, formulários, etc); a IT-1837-R.2, que define as diretrizes para a elaboração do EIA/RIMA; IT-1838-R.0, que define as diretrizes para a elaboração do Plano de Controle Ambiental – PCA; a Deliberação CECA 3.484/96, que define os custos para o licenciamento ambiental de atividades minerais; e a Portaria DRM 008/94 onde está previsto que todas as empresas que exercem atividades de exploração e aproveitamento de recursos minerais têm a obrigatoriedade de requererem o Certificado de Registro Mineral ao Departamento de Recursos Minerais⁵ (DRM).

A Licença Prévia (L.P.), Licença de Instalação (L.I.) e Licença de Operação (L.O.) que deverão ser apresentadas ao DNPM são concedidas pelo INEA e são regulamentadas pela Portaria Nº 266/2008, que trata da Licença Ambiental.

A Licença Prévia (LP), concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento, autoriza sua localização, com base nos planos federais, estaduais e

³ Comissão Estadual de Controle Ambiental – CECA é um órgão colegiado, fundada em 1975, vinculada à SEA (Secretaria de Estado do Ambiente), e tem o objetivo de coordenar, supervisionar e controlar o uso racional do meio ambiente no Rio de Janeiro.

⁴ Instituto Estadual do Ambiente – INEA unifica e amplia a ação dos três órgãos ambientais vinculados à Secretaria de Estado do Ambiente (SEA): a Fundação Estadual de Engenharia e Meio Ambiente (Feema), a Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (Serla) e o Instituto Estadual de Florestas (IEF) e tem como missão, proteger, conservar e recuperar o meio ambiente no Estado do Rio de Janeiro.

⁵ O Departamento de Recursos Minerais - DRM-RJ é uma Autarquia vinculada à Secretaria de Estado de Energia, da Indústria Naval e do Petróleo - SEINPE, e foi criada para orientar, fomentar e viabilizar o desenvolvimento de setores básicos da economia fluminense, além de incorporar as atribuições da área de fiscalização e desenvolvimento, como Agência Estadual de Mineração.

municipais de uso do solo, e estabelece os requisitos básicos a serem obedecidos nas fases de implantação e operação.

A Licença de Instalação (LI) autoriza o início da implantação do empreendimento, de acordo com as especificações do projeto de engenharia e especifica os requisitos ambientais a serem seguidos nessa fase.

A Licença de Operação (LO) é expedida após a verificação do cumprimento das condições da Licença de Instalação (LI), e autoriza a operação da atividade, desde que respeitadas as condições especificadas.

O Plano de Aproveitamento Econômico (PAE) é onde se exige o projeto técnico e industrial que define o plano de exploração, bem como o estudo de viabilidade econômica do empreendimento, além de mapas e plantas das edificações e das instalações industriais.

Os empreendimentos de grande magnitude e conseqüente impacto ambiental significativo, durante a primeira fase do processo (Licença Prévia), têm seu licenciamento complementado pelo Estudo de Impacto Ambiental - EIA e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA.

Os Estudos de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) devem, a partir de um diagnóstico socioeconômico e ambiental (meios físico e biótico) de toda a área que será afetada, realizar um prognóstico das conseqüências do empreendimento, e sugerir medidas, na forma de pré-projetos, com o objetivo de minimizar os impactos considerados negativos e maximizar aqueles considerados positivos. Embora tenham finalidades diversas, EIA e RIMA são instrumentos complementares, e por isto são sempre citados em conjunto.

A concessão de lavra é dada pelo Departamento Nacional de Produção Mineral⁶ (DNPM) que vai verificar a disponibilidade da área, após a exigência das licenças prévia, de instalação e de operação.

Pequenos empreendimentos podem ter o licenciamento simplificado atendendo ao disposto na Diretriz para o Licenciamento de Atividades de Extração Mineral DZ 1836-R-2. Segundo o DNPM bastam os seguintes documentos: licença da autoridade administrativa do Município onde se localiza a área; declaração de propriedade do solo ou autorização do

⁶ O Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM é uma autarquia federal vinculada ao Ministério de Minas e Energia e tem por finalidade promover o planejamento e o fomento da exploração mineral e do aproveitamento dos recursos minerais e superintender as pesquisas geológicas, minerais e de tecnologia mineral, bem como assegurar, controlar e fiscalizar o exercício das atividades de mineração em todo o Território Nacional.

proprietário; prova de recolhimento da taxa correspondente; o Certificado de Registro Mineral do Departamento de Recursos Minerais e; os documentos relativos à legalidade da empresa. O encaminhamento tem que ser firmado por técnico legalmente habilitado junto ao CREA que fará uma planta de localização, um memorial descritivo e o Plano de Controle Ambiental. Uma vez apresentada a documentação, inclusive licença ambiental, o DNPM vai verificar a disponibilidade da área e emitir a concessão.

O Plano de Controle Ambiental deve ir ao encontro do Código Florestal, Lei Federal n.º 4.771 de 15 de setembro de 1965, que trata, dentre outras coisas, sobre as florestas e demais formas de vegetação no território brasileiro, faz restrições de seu uso para algumas regiões e define os critérios para supressão e exploração da vegetação nativa (BRASIL, 1965).

Logo em seu primeiro artigo o Código Florestal diz que “As florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação, (...), são bens de interesse comum a todos os habitantes do País...”, explicitando o valor relacionado com as florestas e as vegetações nativas, independente de seu valor comercial.

No Art. 2º são definidas as Áreas de Preservação Permanente (APPs) (como topos de morros, ao redor de nascentes, cursos d’água, lagoas, reservatórios, e as restingas e mangues), nas quais só é permitida a supressão total ou parcial com a autorização prévia do Poder Executivo Federal e quando for para a execução de atividades de utilidade pública ou interesse social (definidas no Art. 1º, § 2º, incisos IV e V). Nessas áreas, tanto de domínio público quanto de domínio privado, para supressão de vegetação, o Código Florestal manda que se siga o previsto no Plano Diretor e nas leis de uso e ocupação do solo do município desde que observadas às restrições impostas por esse Código (BRASIL, 1965).

Encontramos ainda, sobre as Áreas de Proteção Permanente, a Resolução CONAMA 302/2002 que estabeleceu que essas áreas têm a “função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas” (CONAMA, 2002).

A Resolução CONAMA 303/2002 dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente explicitando conceitos como: nível mais alto, nascente ou olho d’água, vereda, morro, montanha, base de morro ou montanha, linha de cumeada, restinga, manguezal, duna, tabuleiro ou chapada, escarpa e área urbana (CONAMA, 2002).

Os casos excepcionais em que o órgão ambiental competente pode autorizar a intervenção ou supressão de vegetação em Áreas de Preservação Permanente, para a

implantação de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social, ou para a realização de ações consideradas eventuais e de baixo impacto ambiental, são definidas pela Resolução CONAMA 369/2006 (CONAMA, 2006).

Voltando ao Código Florestal, o seu Art. 16º, institui a área de “Reserva Legal” (RL), em toda propriedade, que é necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas, na qual é proibida a supressão da vegetação nativa, não permitindo que o proprietário privado nem o Poder Executivo (quaisquer órgãos da Administração Pública) possam consentir na diminuição e/ou na sua supressão, a não ser por consentimento expresso da Lei federal e só sob regime de manejo florestal sustentável. As áreas de preservação permanente não podem ser consideradas integrantes da RL (BRASIL, 1965).

A Lei Federal nº 7.803 regulamenta a Reserva Legal como a área de, no mínimo, 20% (vinte por cento) de cada propriedade, onde não é permitido o corte raso, e que deverá ser averbada à margem da inscrição de matrícula do imóvel, no registro de imóveis competente, sendo vedada, a alteração de sua destinação, nos casos de transmissão, a qualquer título, ou de desmembramento da área (BRASIL, 1989). Nessa mesma Lei é previsto que, no caso de reposição florestal, deverão ser priorizados projetos que contemplem a utilização de espécies nativas.

Para cálculo da RL na pequena propriedade ou posse rural familiar a lei admite considerar os plantios já estabelecidos com espécies exóticas cultivadas em sistema intercalar ou consorciadas com espécies nativas. No caso de não mais existir vegetação, mesmo que parcialmente, aquela deverá ser restaurada com espécies nativas, pelo plantio, a cada três anos, de no mínimo 1/10 da área necessária à sua complementação, ou ainda, pela condução da regeneração natural, desde que autorizada pelo órgão competente, após comprovação de sua viabilidade, com laudo técnico, podendo-se exigir que a área seja isolada, como por exemplo, por cercas (BRASIL, 1989).

A destinação de 1/5 da propriedade rural para a RL pode ser dificultada pelo tamanho da propriedade. Quando muito pequena não é considerada, ecologicamente, o mais interessante, pois cria pequenos fragmentos de mata sujeitos aos efeitos de borda que vão interferir decisivamente no seu desenvolvimento. Como alternativa, visando a contornar esse problema, a reserva legal poderá ser instituída em regime de condomínio entre mais de uma

propriedade, respeitado o percentual legal em relação a cada imóvel, mediante a aprovação do órgão ambiental estadual competente e as devidas averbações referentes a todos os imóveis envolvidos, nos termos da Lei Federal nº 4771/65, inserido pela MP nº. 2166-67/01 (BRASIL, 2001). Outra possibilidade é o estabelecimento da servidão florestal que é o mecanismo que permite ao proprietário de imóvel rural com Título de Domínio oferecer parte de sua fazenda para figurar como reserva legal de terceiros, desde que esteja localizada na mesma bacia hidrográfica (MP nº 2166-67/01).

2.3 Seqüestro de Carbono

Outra potencialidade ligada à recuperação ambiental dessas áreas está relacionada ao seqüestro de carbono, pela contribuição na absorção de CO₂ e redução do efeito estufa, abrindo a oportunidade dessa área ser incluída nos projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). O conceito de seqüestro de carbono foi consagrado com a finalidade de conter e reverter o acúmulo de CO₂ na atmosfera, visando à diminuição do efeito estufa. O reflorestamento é uma das ações que contribuem para a redução da concentração do CO₂ na atmosfera. (AREVALO, 2002)

Os resultados do seqüestro de carbono podem ser quantificados pela estimativa da biomassa da planta acima e abaixo do solo, pelo cálculo de carbono estocado nos produtos madeireiros e pela quantidade de CO₂ absorvida no processo de fotossíntese (KURZATKOWSKI, 2007). Varia em função da espécie, da taxa de crescimento, da longevidade, do sítio, do clima e do período de rotação, entre outros. Em geral, fixam mais carbono as florestas secundárias e as plantações jovens. As florestas primárias e as plantações maduras atingem um estágio de equilíbrio quanto à absorção de carbono, já que liberam a mesma quantidade mediante a decomposição da madeira morta e das árvores em senescência. (AREVALO, 2002)

Os estoques de biomassa (matéria seca em ton/ha, e ton C/ha) são estimados com base em cálculos de equações alométricas. Estes valores variam de acordo com o tipo de vegetação existente. Apresentamos abaixo os percentuais do estoque de biomassa relacionados a floresta

ombrófila densa (estágios inicial, médio e avançado), para a várzea, restinga, mussununga e brejo (ICF INTERNACIONAL, 2007). As áreas de regeneração com estágio avançado e médio dominaram o estoque total, com 47,2% e 21,4%, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Tipo de vegetação e percentagem do total de C de cada ecossistema.

Ecossistema	% total C
Estágio avançado	47,2%
Estágio médio	21,4%
Estágio inicial	5,5%
Várzeas	0,9%
Restinga	1,9%
Mussununga	6,3%
Brejo	16,8%

Fonte: (adaptado de ICF INTERNACIONAL, 2007)

Considerando o estoque em massa, Britez et al. (2006) e Roderjan (1994) (apud CAVALLET, 2009) estabelecem os seguintes valores para cada tipologia e uso da terra (em Mg de C ha⁻¹)⁷:

- ✓ Fase Inicial de Sucessão: 26,43;
- ✓ Fase Intermediária de Sucessão: 82,70;
- ✓ Floresta Ombrófila Densa Aluvial: 129,40;
- ✓ Floresta Ombrófila Densa Montana: 187,34;
- ✓ Floresta Ombrófila Densa Submontana: 187,34;
- ✓ Formações Pioneiras com Influência Fluvial: 81,89.

2.4 Atributos do Solo

Como o solo é o substrato primordial dos ecossistemas naturais, sua preservação ou recuperação é fundamental para o equilíbrio ou restauração do ecossistema.

Dentre as diversas definições de solo, destaca-se neste trabalho, a adotada pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA⁸ que o considera como uma

⁷ Megagrama = 1 x 10⁶ gramas ou uma tonelada métrica. É o equivalente de toneladas (ou mil quilos) de carbono produzido por hectare por ano.

coleção de corpos naturais constituídos por parte sólida, líquida e gasosa, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos, que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais.

A morfologia do solo pode ser apontada como a expressão resultante de todos os atributos, sejam eles de natureza física, química ou mineralógica, que, distribuídos na paisagem, reflete as condições ambientais as quais tiver submetido aquela porção continental durante o processo de formação e desenvolvimento (IBGE, 2007).

O Projeto de Irrigação e Drenagem da Cana-de-açúcar na Região Norte Fluminense (PROJIR) elaborado pelo extinto Instituto do Açúcar e do Alcool do Ministério da Indústria e Comércio (IAA/MIC, 1983) fez um levantamento detalhado sobre as diversas classes de solo da Baixada Campista.

Neste levantamento são descritas 62 classes de solos, sendo que as principais encontradas na região estudada neste trabalho são:

- ✓ Aluvial (Neossolo Flúvico) com argila de atividade média, alta e baixa, caráter eutrófico, distrófico e álico, caráter salino, sódico e solódico, em diversas classes de textura;
- ✓ Areia quartzosa (Neossolo Quartzarênico) distrófica;
- ✓ Cambissolo com argila de atividade média e baixa, caráter distrófico e eutrófico, caráter sódico e solódico, em diversas classes de textura;
- ✓ Podzol hidromófico (Espodossolo) ;
- ✓ Glei húmico (Gleissolo) com argila de atividade média, alta e baixa, caráter distrófico, álico e eutrófico, caráter salino e solódico, em diversas classes de textura;
- ✓ Glei pouco húmico (Gleissolo) com argila de atividade média, baixa e alta, caráter eutrófico, distrófico e álico, caráter solódico e ligeiramente salino, em diversas classes de textura;
- ✓ Glei (Gleissolo) salino com e sem caráter solódico e diferentes classes texturais; e
- ✓ Solos orgânicos (Organossolo) com caráter distrófico, salino, ligeiramente salino e tiomórfico.

⁸ A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, executa pesquisas nas diferentes áreas geográficas e campos do conhecimento científico procurando viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação na área da agricultura.

Estas classes de solos estão distribuídas pela área em estudo, principalmente Cambissolos e, segundo Valicheski (2004), podem apresentar caráter sódico ou salino-sódico, com ou sem presença de gleização (processo do solo com drenagem imperfeita ou com alagamento completo). Algumas porções possuem características similares aos Gleissolos, pois são mais acinzentadas, indicando sinais de redução resultante da oxigenação deficiente.

O solo apresenta funções estruturais já que é ele quem proporciona o suporte físico aos ecossistemas, além de constituir diversas funcionalidades ecológicas, como a produção biológica e a regulação do ciclo hidrológico de superfície.

Os fatores de solo que influem no crescimento das plantas podem ser classificados, de acordo com Novais et al, (2007) quanto à sua natureza em físicos, mineralógicos e químicos e biológicos.

Dentre os fatores de natureza física, destacam-se a estrutura e a textura do solo. Dentre os fatores químicos, a composição mineralógica, a reação do solo (pH), o teor de matéria orgânica, a disponibilidade de nutrientes, a presença de elementos potencialmente tóxicos, reações de sorção, precipitação, oxidação e redução. Os atributos biológicos compreendem todos os organismos vivos e seus restos que se encontram no solo, nos mais variados graus de decomposição.

Melloni (2008) considera que os atributos físicos do solo são de extrema importância para o desenvolvimento das plantas, devido à capacidade de ele promover ao sistema radicular das plantas as condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento além de determinar a disponibilidade de água, aeração, temperatura e resistência à penetração uma vez que seus constituintes sólidos interagem com os fluidos água e ar.

Importante para o desenvolvimento das plantas, a estrutura refere-se ao agrupamento das partículas unitárias do solo em agregados. Pode ser definida como a heterogeneidade espacial dos diferentes componentes ou materiais do solo. Assim, a variabilidade de resistência do solo à penetração das raízes e o complexo de canais formados por minhocas são exemplos de aspectos da estrutura do solo.

As partículas sólidas primárias, de vários tamanhos, e os produtos de natureza orgânica, que, em função de processos físicos, químicos e biológicos, dão origem a partículas secundárias resultantes da aglutinação das partículas primárias, formam agregados. Os agregados, portanto, são compostos por partículas de areia e silte que se mantêm unidas pela ação das argilas e da matéria orgânica que atuam como agentes cimentantes, formando

unidades individualizadas mais ou menos estáveis que são responsáveis pela estrutura do solo (GONÇALVES et al. 2008). Valicheski (2008) considera que esta estrutura é responsável pela aeração, densidade do solo, resistência mecânica à penetração, infiltração de água e drenagem do perfil. Assim, um solo bem estruturado apresenta uma micro e macroporosidade, aeração adequadas, além de uma boa drenagem, o que propicia um bom desenvolvimento radicular.

A drenagem de água pode ser influenciada pela textura e estrutura do solo. A textura influencia na presença maior ou menor de cargas elétricas no solo para reter a água. Solos argilosos apresentam mais cargas elétricas que os arenosos, assim retêm maior teor de água.

O teor de matéria orgânica do solo é outro fator que influencia na retenção de água. Solos com elevados teores de matéria orgânica tendem a ter uma capacidade de retenção de água elevada. Solos compactados retêm água com mais energia e em menor quantidade, de modo geral, que solos com estrutura natural (FERRAZ, 2008).

O arranjo tridimensional da matriz do solo gera os espaços porosos que, em função de suas dimensões, são chamados de micro e macroporos, que podem ser ocupados pela água e/ou com ar. O componente líquido, que é a água ou solução do solo, contém gases e sais solúveis em dissolução. O componente gasoso ou ar do solo possui aproximadamente a mesma composição qualitativa do ar atmosférico (IBGE, 2007).

A textura, que se relaciona diretamente com a estrutura do solo, refere-se a distribuição das partículas de acordo com o seu tamanho e tem conotações quantitativas e qualitativas. A textura interfere na capacidade de infiltração de água, na evaporação e no suprimento de nutrientes (NOVAIS et al, 2007). Intimamente relacionada com a estrutura e com a textura, a densidade afeta o solo, pois o seu aumento reduz a taxa de difusão do O₂ nos poros do solo e, conseqüentemente, a respiração das raízes. Em geral, concentrações de O₂ na atmosfera do solo menor do que 10% afetam severamente o crescimento das raízes (NOVAIS et al, 2007).

Outro aspecto físico importante a ser considerado está relacionado com a proximidade do lençol freático. Quando essa proximidade é pequena, promove um excesso de umidade que dificulta o desenvolvimento do sistema radicular da maioria das espécies arbóreas, devido à deficiente oxigenação do solo nessas condições ou ainda possibilita a formação de solos salinos, pois intensifica a ascensão capilar levando a um acúmulo gradual de sais na superfície. Como a Baixada Campista possui elevada quantidade de sais solúveis no lençol

freático, esse risco torna-se muito maior em ambientes de extração de argila (IAA/MIC, 1983).

Uma boa condição da estrutura do solo é fundamental para garantir a preservação dos serviços ambientais essenciais, incluindo o fluxo e a qualidade da água, a biodiversidade e o equilíbrio de gases atmosféricos (NOVAIS et al, 2007).

Densidade das partículas, densidade do solo, volume total de poros e classe textural, apesar de serem atributos físicos passíveis de serem medidos, não são considerados por Melloni (2008) como bons indicadores físicos.

Os atributos biológicos são mantidos por uma grande e complexa comunidade de organismos que mantém entre si diversas relações e influenciam as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (ASSAD, 1997 apud SILVA, 2009). Suas atividades contribuem para a ciclagem de nutrientes, para manterem baixas as populações de pragas, e para produzirem substâncias que promovem a formação de agregados do solo e substâncias húmicas, sendo a maioria dos organismos, muito importantes para a qualidade do solo (MELLONI, 2008).

São os processos biológicos que dão origem à matéria orgânica, principalmente, no acúmulo dos resíduos vegetais e, em menor escala, as atividades da fauna. A natureza dos compostos orgânicos, das condições climáticas, de aeração e drenagem dos solos, são quem vão determinar os diferentes modos de decomposição. Essas diferentes vias de decomposição e estabilização é que vão formar o material humificado (ácidos húmicos, flúvicos, hêmicos) e turfoso (EMBRAPA, 1999).

Segundo o Manual Técnico de Pedologia do IBGE (2007), é essa matéria orgânica que será o principal constituinte da camada fértil. Podemos afirmar, portanto, que é na camada fértil onde ocorre grande parte da atividade biológica e o aporte de matéria orgânica, que é quem lhe confere uma coloração escurecida (melanização). É nessa camada que se encontra a maior parte das reservas de nutrientes dos solos tropicais, de propágulos e da biota capaz de transformar essa matéria em energia e nutrientes (EMBRAPA, 1999).

Entendemos biota como o conjunto de seres vivos, flora e fauna, que habitam ou habitavam um determinado ambiente. A fauna do solo pode ser definida como a comunidade de invertebrados que vivem ou que fazem parte do seu ciclo de vida nele. Comunidade, neste contexto, contempla o conjunto de populações que interagem entre si, por meio de relações de predação, competição, simbiose e outros.

Entender como se comporta a estrutura das comunidades e os processos associados a sua atividade no solo, como respiração, desnitrificação, mineralização de N e outros, frente a distúrbios de origem antrópica é importante na avaliação da qualidade do solo. (MEURER, 2007).

Os fatores de natureza química podem influenciar, positiva ou negativamente, no crescimento das plantas. De forma geral, pode-se classificá-los naqueles relacionados com a composição mineralógica do solo, disponibilidade de nutrientes, presença de elementos tóxicos e teor de matéria orgânica.

Na caracterização de substratos degradados, a identificação dos atributos químicos pode ser feita a partir de análises de rotina, que avaliam o pH e a disponibilidade dos elementos com maior restrição no solo. A maior parte dos procedimentos analíticos é de uso generalizado e outros foram recém introduzidos (BALIEIRO et al., 2008).

São avaliados nas análises, os macro e micronutrientes disponíveis, o carbono orgânico total, capacidade de troca catiônica (CTC), saturação de bases e ácidos, distribuições de cargas e pH. Quantificam, também, a matéria orgânica no solo, compreendendo aí, raízes de plantas, a fauna, microrganismos do solo, substâncias humificadas e não humificadas. Os teores adequados são importantes para que não corram problemas de toxidez ou de deficiência daquela substância (PINHEIRO, 2008).

A Capacidade de Troca Catiônica (CTC) apresentada pelos colóides constitui uma das mais importantes propriedades dos solos, por determinar o armazenamento e a disponibilização de elementos nutrientes para as plantas (TAVARES, 2008). É um fenômeno relacionado à química de superfície dos colóides minerais e orgânicos, principalmente devido às superfícies específicas e às cargas elétricas desses colóides. Ela acontece em função de uma reação de dupla troca que ocorre entre os íons adsorvidos nas superfícies dos diferentes constituintes da fase sólida ou entre estes e os que estão em solução na fase líquida (EMBRAPA, 2006).

Desta forma, por definição, a capacidade de troca catiônica, ou valor T do solo, se constitui da soma total de cátions que um solo pode adsorver, sendo expressa em cmol/kg^9 de material seco em estufa. O Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; K^+ ; Na^+ ; NH_4^+ são considerados as bases do solo e a soma desses cátions existentes no complexo de troca de saturação das bases é definida como valor S do solo (EMBRAPA, 2006).

⁹ Centimol de carga (unidade de capacidade de troca).

A relação percentual da saturação de bases (valor S) no complexo sortivo¹⁰ (valor T) determinada a pH 7, recebe o nome de valor V, ou seja, a saturação de bases (valor S) refere-se ao total de cátions básicos trocáveis e o valor V refere-se à proporção em relação a capacidade total de troca (valor T) ocupada com as bases.

O Al^{3+} e o H^+ são responsáveis pela acidez do solo, sendo que a saturação por Al^{3+} se refere à proporção de alumínio trocável em relação à soma de cátions básicos trocáveis mais os teores de alumínio, definida como CTC efetiva (EMBRAPA, 2006).

Os valores de saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (Al^{3+} %) servem para indicar o potencial nutricional dos solos (CAMARGO, 1986).

Além disso, desta propriedade decorrem dois atributos mutuamente excludentes, chamados de eutrofismo e distrofismo, que constituem critérios diagnósticos importantes para a caracterização e distinção de solos. O solo é dito eutrófico ou com saturação alta de bases, quando o seu valor V for igual ou superior a 50%, e, em contraposição, é dito distrófico ou de baixa saturação, quando o valor V for inferior a este limite (TAVARES, 2008).

Segundo Sousa et al (2007) a acidez dos solos pode ser em decorrência do material de origem e da ação de agentes de intemperismo, como clima e organismos.

Estes autores denominam como acidez ativa (fator intensidade) a parte do hidrogênio que está dissociada, ou seja, na solução do solo, na forma de H^+ , expressa em valores de pH. Como acidez trocável (fator quantidade) refere-se aos íons H^+ e Al^{3+} que estão retidos na superfície dos colóides por forças eletrostáticas. A acidez potencial corresponde à soma da acidez trocável e da acidez não trocável do solo.

Do ponto de vista pedogenético, os solos podem ser naturalmente ácidos, ou seja, apresentar acidez devido falta de bases em função da natureza mineralógica do material de origem, ou a processos de formação que favorecem a remoção de elementos básicos como K, Ca, Mg e Na, entre outros (IBGE, 2007). O efeito da acidez sobre as plantas está associado à atividade do H^+ (acidez ativa) e não à quantidade total de acidez no solo (acidez potencial).

Em termos de caracterização e classificação de solos as seguintes classes de pH do solo são admitidas: (Tabela 2):

¹⁰ Processos sortivos de adsorção (retenção, à superfície de um sólido, de partículas líquidas ou gasosas) e dessorção (processo de retirada de uma substância adsorvida).

Tabela 2 - Classes de pH do solo.

Classes pH	
Extremamente ácido	< 4,3
Fortemente ácido	4,3 – 5,3
Moderadamente ácido	5,4 -6,5
Praticamente neutro	6,6 – 7,3
Moderadamente alcalino	7,4 – 8,3
Fortemente alcalino	> 8,3

Fonte: Embrapa, 2006.

A acidez condiciona o estado geral do solo como base de crescimento para as plantas, em decorrência das relações de causa e efeito com outras propriedades químicas, físicas e biológicas. Assim, a acidez, quando em excesso, pode ocasionar alterações na química e fertilidade, restringindo o crescimento das plantas (SOUSA et al, 2007).

Os efeitos da reação do solo (pH) sobre as plantas podem ser diretos ou indiretos. Dentre eles destacam-se: a disponibilidade de nutrientes essenciais; solubilidade de elementos que podem ter efeito tóxico sobre as plantas, como o Al ou metais pesados; a atividade de microrganismos; o favorecimento ou não de doenças nas plantas; habilidade de competição entre diferentes espécies de plantas e sobre as condições físicas do solo (MEURER, 2007). A acidez ou o valor de pH em água tem sido muito usada para caracterizar acidez de substratos do solo.

Relacionado aos elementos requeridos à nutrição das plantas, um determinado elemento pode ser considerado essencial quando ele faz parte de uma molécula essencial ao metabolismo da planta. Assim, mesmo que o elemento químico possibilite melhorar o crescimento ou um processo fundamental de uma planta, não será considerado essencial se sua deficiência não impede que a planta complete seu ciclo vital, ou ele não participe diretamente do seu metabolismo.

De acordo com a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, os macronutrientes (cálcio, magnésio, nitrogênio, potássio, fósforo e enxofre) e micronutrientes (ferro, cobre, manganês e zinco) são requeridos para o bom desenvolvimento das plantas.

Os macronutrientes são exigidos em maiores quantidades enquanto os micronutrientes são absorvidos pelas plantas em pequenas quantidades. Cada um desses nutrientes tem uma função específica dentro do metabolismo das plantas. Desequilíbrios em suas proporções (deficiência ou excesso de nutrientes) podem causar limitações no crescimento das plantas ou mesmo sua morte (DECHEN e NACHTIGALL, 2007).

Dentre os macronutrientes, o cálcio é um elemento essencial para o crescimento de meristemas e, particularmente, para o crescimento e funcionamento apropriado dos ápices radiculares. Um sintoma comum da deficiência de Ca é o pequeno crescimento das raízes.

O magnésio tem papel estrutural como componente da molécula de clorofila, é requerido para manter a integridade dos ribossomos e contribui para manter a estabilidade estrutural dos ácidos nucleicos e membranas.

A deficiência de Mg caracteriza-se pela ocorrência de clorose entre as nervuras, que progride em intensidade. Além disto, ocorre redução de produção e alternância de safras em plantas perenes. O tamanho dos frutos é reduzido e a acidez total e vitamina C são menores nas plantas deficientes.

O nitrogênio é necessário para a síntese da clorofila e está envolvido no processo de fotossíntese, já que faz parte da molécula de clorofila. É um dos componentes das vitaminas e dos sistemas energéticos na planta, além de responsável pelo incremento do conteúdo de proteínas. Sua escassez não permite que a planta utilize a luz solar como fonte de energia perdendo a habilidade de executar funções vitais, como, por exemplo, a absorção de nutrientes.

O potássio é vital para a fotossíntese, tem elevada contribuição para o potencial osmótico da planta, regulando o processo de abertura e fechamento dos estômatos. O íon K^+ parece estar envolvido em várias funções fisiológicas, tais como: transporte no floema, turgescência das células estomáticas e crescimento celular. De modo geral, as necessidades nutricionais de potássio estão relacionadas a ativação enzimática, aos processos de transporte através de membranas, neutralização aniônica e potencial osmótico.

Um dos sintomas mais comuns da deficiência de K é a necrose das margens das folhas. As plantas crescem lentamente apresentando um sistema radicular mal desenvolvido, sementes e frutos pequenos e desuniformes e têm baixa resistência a doenças.

O fósforo desempenha um importante papel na fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão e crescimento celular, dentre outros processos que ocorrem na planta. Além disso, o P promove a rápida formação e crescimento das raízes, melhora a qualidade dos frutos, hortaliças e grãos, sendo vital à formação da semente, bem como está envolvido na transferência de características hereditárias. O primeiro sinal de deficiência de P manifesta-se na forma de plantas pequenas, folhas torcidas e quando a deficiência é severa ocorre o aparecimento de áreas mortas nas folhas, no fruto e no caule.

O enxofre é um elemento importante para a produção de aminoácidos, proteínas e clorofila e é um dos componentes das vitaminas e hormônios da planta. Participa, ainda, como ligante em um grande número de enzimas e metalo-proteínas. A deficiência de S em plantas é muito rara já que o dióxido de enxofre da atmosfera é absorvido pelas folhas através dos estômatos.

Os micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn) são elementos essenciais para o crescimento das plantas, mas requeridos em quantidades menores que a dos macronutrientes. Como o solo é formado por diferentes componentes, a quantidade total de qualquer micronutriente presente poderá estar dispersa e distribuída entre esses componentes. Abordaremos neste trabalho apenas o ferro, o cobre, o manganês e o zinco.

A principal função do Ferro é a ativação de enzimas, atuando como grupo protéico. Participa em reações fundamentais de oxidorredução, tanto em hemoproteínas como em proteínas não-hêmicas com ligação Fe-S. O efeito mais característico da deficiência de Fe é a incapacidade das folhas jovens para sintetizar clorofila.

O cobre é constituinte de certas enzimas que se encontram nos cloroplastos, participa de enzimas de oxidorredução e influencia na fixação de N_2 atmosférico pelas leguminosas e é essencial no balanço de nutrientes que regulam a transpiração da planta.

O Manganês é necessário à síntese de clorofila. Sua função principal está relacionada com a ativação de enzimas. As deficiências de Manganês não são muito comuns e acontecem principalmente em solos orgânicos e provavelmente reduz o crescimento das plantas.

O zinco atua com cofator enzimático e é essencial para a atividade, regulação e estabilização da estrutura protéica. Na deficiência de Zn a planta sofre efeitos drásticos sobre sua atividade enzimática, desenvolvimento dos cloroplastos, conteúdo de proteínas e ácidos nucléicos.

Alguns elementos minerais (Na, Si, Se e Co) são considerados benéficos, pois estimulam o crescimento das plantas, embora não sejam essenciais, ou então são essenciais a apenas algumas espécies.

O sódio é um ativador de enzimas e estimula o crescimento por meio do alongamento celular, porém, um elevado teor de sódio no complexo sortivo do solo, com altas concentrações de sódio trocável, resulta em severas restrições as atividades agrícolas.

Se alguns elementos químicos são benéficos, por outro lado, outros elementos químicos apresentam efeito prejudicial ao crescimento das plantas. Neste último caso são conhecidos como elementos tóxicos.

Em geral, em solos ácidos, o principal elemento que tem efeito fitotóxico é o Al na forma de cátion trivalente Al^{3+} hidratado ou quando parcialmente hidrolizado [$\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ ou $\text{Al}(\text{OH})^+$]. O alumínio afeta, principalmente, o sistema radicular das plantas, alterando a morfologia e o crescimento das raízes.

O principal fator que controla a concentração de Al na solução do solo é o pH. A solubilidade do Al é muito baixa ou nula em pH superior a 5,5 e a toxidez do Al é particularmente severa em pH abaixo de 5,0.

E, finalmente, a matéria orgânica do solo (MOS) que é produzida a partir da decomposição dos resíduos de plantas e animais, sendo formada por diversos compostos de C (biomoléculas, ácidos fúlvicos, ácidos húmicos) em vários graus de alteração e interação com as outras fases do solo (mineral, gasosa e solução). A sua capacidade de gerar cargas negativas, aumentando a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo é de extrema importância, regulando a disponibilidade de vários micronutrientes (Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , entre outros).

Apesar de compor menos do que 5% da fase sólida da maioria dos solos, o carbono apresenta uma alta capacidade de interagir com os demais componentes, alterando, assim, as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

Vários atributos da matéria orgânica e da camada fértil têm sido usados na identificação da condição de degradação ou de recuperação de solos e substratos que sofreram alterações, em razão dos múltiplos benefícios sobre a disponibilidade de nutrientes, sobre a capacidade de retenção de água e sobre a estrutura do solo que estão relacionados com a sua quantidade.

A disponibilidade de nutrientes é um dos aspectos fundamentais que garantem a boa qualidade dos solos. Em ecossistemas nativos, a ciclagem natural de nutrientes é a grande responsável pela manutenção do bom funcionamento do solo e do ecossistema como um todo. Essa ciclagem mantém o estoque de nutrientes evitando a perda de fertilidade natural do solo.

Um solo pode ser considerado fértil quando contém os nutrientes essenciais em quantidades adequadas e balanceadas para o normal crescimento e desenvolvimento das plantas, apresenta boas características físicas e biológicas, está livre de elementos tóxicos e

encontra-se em local com fatores climáticos favoráveis (NOVAIS et al, 2007). A baixa fertilidade do solo pode ser natural ou decorrente de manejo inadequado ou pela extração da camada fértil.

A retirada da camada fértil acarreta a perda parcial ou total da capacidade de sustentar o crescimento de plantas e outros organismos, ocorrendo a degradação dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, altamente interdependentes, comprometendo a qualidade do mesmo (GONÇALVES et al, 2008).

O pior aspecto da queda de fertilidade do solo causada pela mineração é que, ao contrário da exaustão causada pela extração de nutrientes em taxa maior que a reposição ou a baixa fertilidade por causas naturais, as quais podem ser recuperadas de maneira simples, a mineração resulta, algumas vezes, em degradação de difícil recuperação (NOVAIS et al, 2007).

2.5 Degradação Ambiental

Os danos ambientais provocado pela extração de argila realizada pela indústria ceramista são significativos, e se reflete na qualidade do solo que tem grande importância para a produtividade agrícola, qualidade ambiental e na saúde humana e animal.

A degradação dos solos no Brasil é histórica e intimamente relacionada com seu desenvolvimento econômico e urbano. Gonçalves (2008) considera que o processo de degradação teve início com o ciclo do pau-brasil, continuou com o ciclo do açúcar, o ciclo do ouro, café, pecuária e agora se intensificou com a exploração da terra para fins agrícolas.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1989), a degradação do solo é apontada como sendo a “alteração adversa das características do solo em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto os estabelecidos em planejamento, como os potenciais”.

Já o Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração do Minter/IBAMA (1990) define como degradação de uma área: “quando a vegetação nativa e a fauna foram destruídas, removida ou expulsa; a camada fértil do solo foi perdida, removida ou enterrada; e

a qualidade e o regime de vazão do sistema hídrico foram alterados. A degradação ambiental ocorre quando há perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas e é inviabilizado o desenvolvimento sócio-econômico”. A recuperação das funções ecológicas dessas áreas, buscando restaurar a diversidade da flora, a micro e macro fauna são, portanto, imprescindíveis.

As reações dos ecossistemas aos distúrbios são relacionadas, principalmente, com os conceitos de estabilidade e resiliência. Quando um ecossistema reage a um distúrbio, de forma a absorver os impactos deste, regulando a variação na sua estrutura e nos processos ecológicos, este sistema é dito estável, sendo capaz de manter-se num estado de equilíbrio dinâmico.

Resiliência é a capacidade de um sistema manter sua integridade no decorrer do tempo. A principal característica de um sistema resiliente é sua flexibilidade e capacidade enfrentar situações imprevistas e pressões externas (MARZALL, 2007). Quanto menos resiliente, mais frágil é o ecossistema e mais sujeito à degradação.

Os ecossistemas passam a ter sua estabilidade comprometida a partir do momento em que ocorrem mudanças drásticas seu regime de distúrbios característicos e que as flutuações ambientais ultrapassam o seu limite homeostático. Como consequência a sua resiliência e resistência a novos distúrbios diminuem (ENGEL e PARROTTA, 2008).

Nas florestas tropicais, os distúrbios antrópicos geralmente são em grande escala, de maior intensidade e frequência que os distúrbios naturais e a recuperação dos ecossistemas tornam-se muito lentas ou incertas. Nesses casos a intervenção do homem se faz necessária a fim de estabilizar e reverter os processos de degradação (ENGEL e PARROTTA, 2008).

Com esse objetivo, várias estratégias podem ser adotadas, dentre as quais a sucessão ecológica natural (primária e secundária), a reabilitação, a recuperação e a restauração ecológica são, atualmente, as mais utilizadas.

A sucessão natural é o processo pelo qual os ecossistemas se recuperam de distúrbios naturalmente e, portanto, compreender como este processo acontece em uma determinada área é fundamental. Muitas vezes basta se iniciar o processo da sucessão para que a restauração se complete sozinha. Em outros casos isso não é o suficiente e é necessário adotar estratégias de longo prazo com a ajuda do homem para que o processo avance. Kageyama e Gandara (2001) têm usado os modelos de sucessão para desenvolver esquemas de plantio e para prever se os projetos de restauração atingirão seus objetivos.

A sucessão primária pode ser vista como sendo a seqüência de processos ecológicos que ocorrem em áreas desprovidas de vegetação, na direção da formação de um ecossistema mais complexo, onde o acúmulo de biomassa, matéria orgânica no solo e os fluxos de nutrientes e energia são paulatinamente incrementados. A sucessão primária pode ocorrer em rochas inabitadas, em áreas cobertas por lava vulcânica resfriada ou até em telhados antigos (PIOLLI, 2004).

A ausência de nutrientes orgânicos não permite a sobrevivência de organismos heterótrofos (que não produzem o próprio alimento), e a escassez de nutrientes inorgânicos dificulta a sobrevivência de autótrofos (que produzem o seu alimento) de grande porte. Devido à capacidade de síntese de matéria orgânica e ao pequeno porte, os primeiros organismos a se desenvolverem nessas condições são os líquens, as cianobactérias e os musgos, que são chamados de organismos pioneiros e constituem, juntamente com os consumidores e decompositores desses seres, as comunidades pioneiras (TAVARES, 2008).

A sucessão secundária se dá em ambientes já estabelecidos e encontra-se associada a sua renovação, ou seja, qualquer que seja a perturbação, essa passa por uma seqüência de processos em direção ao estabelecimento das condições anteriores ao distúrbio (TAVARES, 2008).

A abertura de clareiras é reconhecidamente um fator de renovação relacionada à sucessão secundária, que leva a uma progressiva, mas positiva mudança na composição florística da floresta (TAVARES, 2008). O processo sucessional pode ser dividido em 3 fases:

- ✓ Clareira: acontece no início da recomposição florestal, com predominância de indivíduos jovens (plântulas e mudas) germinadas de bancos preexistentes no solo, e ou que chegaram à clareira;
- ✓ Edificação: inclui indivíduos “finos e extremamente altos”, ou seja, em intenso crescimento vertical, evidenciando a competição por luz ;
- ✓ Madura: ocorre quando a maioria dos indivíduos chega à fase reprodutiva, estando a floresta em equilíbrio dinâmico e a biomassa tende a se estabilizar na capacidade produtiva do ecossistema. Nessa fase, há predomínio do crescimento diamétrico, com expansão lateral das copas das árvores.

A velocidade com a qual a floresta irá se recompor é inversamente proporcional ao tamanho e intensidade do dano a ela associado e diretamente relacionado a seu potencial de regeneração. Segundo KAGEYAMA et al. (2008), esse potencial depende do potencial seminal edáfico (estoque de sementes no solo); do potencial vegetativo (brotações e plântulas em recrutamento) e do potencial adventivo, que é representado pelos propágulos que chegam à área perturbada.

O conhecimento dos detalhes do processo de sucessão daquela área é, portanto, fundamental para que possamos auxiliar, de maneira positiva, a dinâmica do desenvolvimento da vegetação, seja aumentando a velocidade da recomposição da vegetação ou contornando as perturbações ambientais existentes.

A reabilitação é um recurso utilizado quando a melhor solução (ou talvez a única viável) for o desenvolvimento de uma atividade alternativa adequada ao uso humano e não aquela de reconstituir a vegetação original, mas que seja planejada de modo a não causar impactos negativos no ambiente (TAVARES, 2008).

Já a recuperação está associada à idéia de que o local alterado deverá ter qualidades próximas às anteriores, devolvendo o equilíbrio dos processos ambientais. A legislação federal brasileira menciona que o objetivo da recuperação é o “retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente” (Decreto Federal 97.632/89). Implica que o sítio degradado terá condições mínimas de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem e é nesse decreto que os Planos de Controle Ambiental (PCA) para as cavas de extração de argila estão baseados.

Os Sistemas Agroflorestais (SAF) regenerativos, que são sistemas produtivos diversificados e com estrutura semelhante à vegetação original, têm sido usados com êxito na região norte do país para recuperar áreas degradadas por pastagens (ENGEL e PARROTTA, 2008).

O conceito de restauração remete ao objetivo de reproduzir as condições originais exatas do local, tais como eram antes de serem alteradas pela intervenção humana. Por condições originais entende-se que todos os aspectos relacionados com topografia, vegetação, fauna, solo, hidrologia, etc. Alguns autores consideram tratar-se de um objetivo praticamente inatingível (TAVARES, 2008).

Porém, o conceito de restauração ecológica tem evoluído e atualmente considera que restaurar um ecossistema não é copiar exatamente um modelo na natureza, mas sim recuperar a estabilidade e integridade biológica dos ecossistemas naturais. A restauração ecológica almeja recriar comunidades ecologicamente viáveis, protegendo e fomentando a capacidade natural de mudança dos ecossistemas, e resgatando uma relação saudável entre o homem e a natureza (ENGEL e PARROTTA, 2008). Esses mesmos autores consideram ainda que recuperar integralmente os ecossistemas naturais está muito além da nossa capacidade e retorná-lo ao seu estado original é impossível devido às características dinâmicas do mesmo.

Entretanto, um esforço de reabilitação pode levar a restauração da estrutura e funções do ecossistema, a tal ponto que, a partir daquele momento, os processos naturais e a sucessão secundária levem-no ao aumento de sua complexidade estrutural e funcional no tempo, sem a necessidade de intervenção futura do homem conforme mostrado na figura abaixo (Figura 2).

Engel e Parrotta (2008) consideram que na prática, muitas técnicas utilizadas na recuperação, reabilitação e restauração são as mesmas. A diferença entre essas abordagens está na definição de metas e objetivos bem como na escala de tempo adotada como horizonte.

Em áreas fortemente impactadas, como áreas mineradas, a intervenção antrópica deve ser mais intensa de forma a mitigar os fatores restritivos ao estabelecimento de uma nova comunidade.

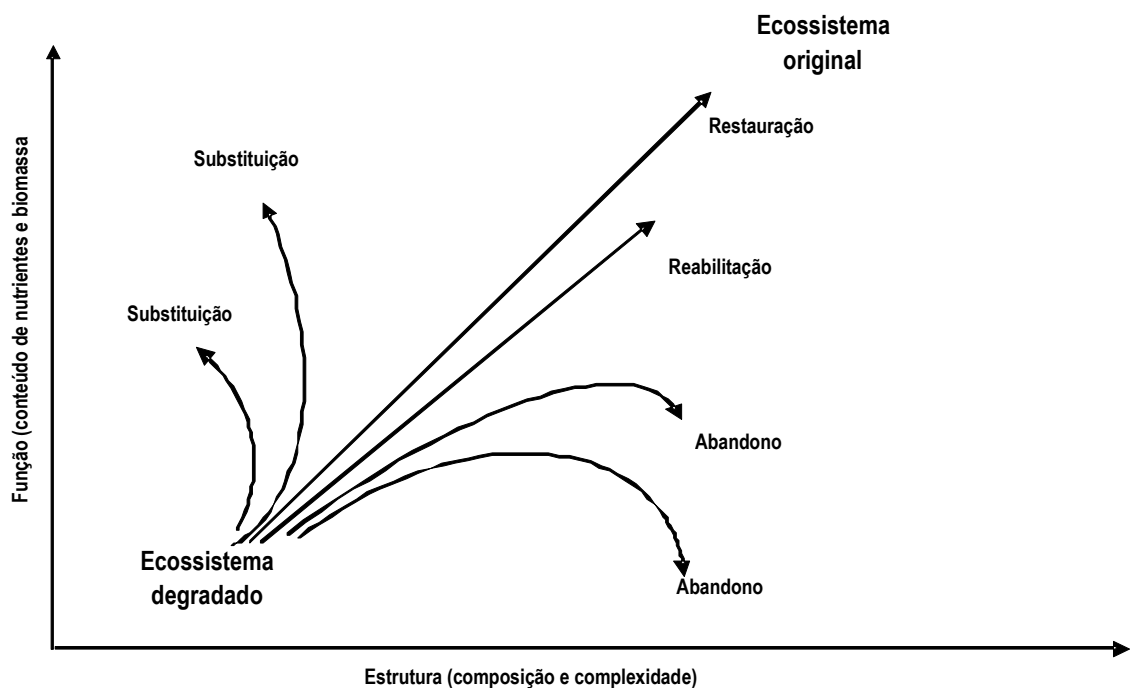


Figura 2 - Abordagens na restauração ecológica, na visão de Engel e Parrotta (2008).

Segundo Carpanezzi (2005) podem ser utilizados diferentes modelos nos programas de restauração, sozinhos ou consorciados, de modo a atender as necessidades específicas de cada área.

Tavares (2008) recomenda que se utilize uma mistura de espécies capazes de incorporar certo nível de diversidade. Na seleção das espécies devem ser priorizadas aquelas com funções ecológicas específicas e elevada tolerância aos fatores adversos.

Os fatores adversos serão conhecidos a partir do reconhecimento prévio da área a ser revegetada, contendo o levantamento histórico da área quanto às condições de clima, fertilidade, textura, permeabilidade e profundidade do solo e presença de água (altura do lençol freático, umidade, encharcamento, inundações periódicas etc.) para embasar a escolha da cobertura vegetal (MACEDO, 1993).

A cobertura vegetal reminescente no local a ser revegetado, dará as informações referentes à participação de cada grupo ecológico e da densidade natural (frequência ou raridade) de cada espécie.

As espécies arbóreas têm suas densidades naturais associadas aos seus aspectos evolutivos e dependem das interações entre a flora e a fauna, que vão estabelecer o alcance e o deslocamento dos seus polinizadores e dispersores de sementes, para determinar a distância entre as árvores adultas na floresta (KAGEYAMA e GANDARA, 2005).

Daí a necessidade das diversas proporções entre as espécies arbóreas a serem empregadas na restauração ecológica envolvendo os diferentes grupos ecológicos sucessionais, levando em conta os seus aspectos evolutivos e considerando ainda, a importância dos diferentes mosaicos de clareiras da floresta tropical (ENGEL e PARROTTA, 2008). É importante considerar também, as exigências das espécies e a sua adaptação às condições locais de solo, clima e umidade.

Budowski (1965, apud ALMEIDA, 2000), foi responsável por uma das primeiras classificações das espécies em grupos ecofisiológicos, reunindo-as, segundo o estágio sucessional, em pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e clímax, segundo as seguintes características para os grupos ecofisiológicos das espécies:

- ✓ Espécies Pioneiras – Desenvolvem-se em clareiras, bordas de fragmentos florestais, locais abertos e áreas degradadas, apresentam pequeno número de espécies por ecossistema, com alta densidade; têm grande capacidade de adaptação

a ambientes variados; alta tolerância à luz e é intolerante à sombra; pequeno ciclo de vida; são de pequeno porte, raramente ultrapassando os 10 metros de altura; floração e frutificação precoce, com sementes, geralmente, pequenas e em grande quantidade; as sementes conservam o poder germinativo por longos períodos, permanecendo no banco de sementes do solo; os frutos e folhas são altamente atrativos para animais silvestres; têm altas taxas de crescimento vegetativo e um sistema radicular de absorção mais desenvolvido; alta plasticidade fenotípica; grande amplitude ecológica; raramente formam associações micorrízicas e a madeira é clara e de baixa densidade.

- ✓ Secundárias Iniciais – Se desenvolvem em locais totalmente abertos, semi-abertos e clareiras na floresta. São lucíferas e aceitam sombreamento parcial com árvores de tamanho variado (entre 12 e 20 metros); as sementes, de tamanho pequeno ou médio, geralmente apresentam algum tipo de dormência e viabilidade relativamente longa; produzem boa quantidade de sementes quando são boas as condições de iluminação da copa; as sementes são dispersas, principalmente, por pássaros, morcegos, gravidade ou vento; convivem com as pioneiras nas fases iniciais da sucessão florestal, mas em menor densidade; têm um rápido crescimento vegetativo e um ciclo de vida médio (de 15 a 30 anos).
- ✓ Secundárias Tardias – Se desenvolvem apenas no sub-bosque, à sombra, onde crescem e completam seu ciclo e não ocupam, na fase adulta, os estratos superiores da floresta. Suas mudas vão compor o estoque de plântulas da floresta; iniciam sua presença nos estágios médios de sucessão; as árvores são, principalmente, de grande porte e de ciclo de vida longo; as sementes são médias ou grandes, dispersas pelo vento, animais ou gravidade.
- ✓ Espécies Clímax – Regeneram-se e se desenvolvem à plena sombra, sendo típicas de ambientes de floresta primária, ocupando, quando adultas, os dosséis superiores, e muitas deste grupo, são emergentes, ficando sobre o dossel da floresta; suas sementes sofrem grande predação, são grandes e dispersas por gravidade e mais comumente, por mamíferos e roedores. Possuem pequena viabilidade e raramente apresentam algum tipo de dormência, germinando logo que caem sobre o solo; são espécies com estreita relação com animais polinizadores e dispersores; apresentam baixa densidade por área com árvores

muito altas, chegando a mais de 40 metros de altura; são típicas da floresta primária e em estágios avançados de sucessão; têm o ciclo de vida muito longo, acima dos 100 anos, definindo a estrutura final da floresta; o crescimento vegetativo é lento e a madeira apresenta alta densidade; o sistema radicular é atrofiado, com poucas raízes de absorção e a maior parte das espécies são formadoras de associações micorrízicas. A maior parte das madeiras nobres, de alto valor econômico, faz parte deste grupo.

A utilização dos diferentes grupos ecológicos deverá criar um mosaico de manchas em diferentes estágios sucessionais na colonização da área a ser restaurada.

O fator principal que influencia a colonização das clareiras é a luz. Diferentes tamanhos e formas de clareiras produzem situações diversas de microclima, possibilitando que diferentes grupos de espécies se estabeleçam, levando em consideração que as espécies vegetais têm diferentes necessidades e resistências com relação à luz solar. A variação das clareiras no espaço e no tempo dá origem a um mosaico de diferentes estágios sucessionais (CARPANEZZI, 2005).

Outro fator importante que influencia na colonização das espécies florestais é a ação dos dispersores. Costa et al (1992) mostrou que 72% das espécies arbóreas das florestas tropicais são dispersas por animais, sendo os responsáveis pela manutenção das diferentes espécies de plantas e diversidade gênica nos ecossistemas, através de sua participação nos processos de polinização e/ou dispersão de sementes.

A polinização é a transferência do pólen da flor de uma árvore para outra árvore da mesma espécie. Para o perfeito funcionamento desse processo, as plantas desenvolveram atrativos nas flores para os animais. Insetos, pássaros e morcegos ao visitarem as flores para se alimentar executam o processo de polinização.

A dispersão é o transporte e distribuição das sementes pelos animais e pelo vento. Os padrões fenológicos são quem vão determinar a dinâmica local das interações entre os animais e as plantas. Os animais enterram, regurgitam ou defecam as sementes, que vão fornecer novos indivíduos (SILVA, 2008). O autor relata ainda que no processo de revegetação, deve-se procurar levar em conta a alta diversidade de espécies arbóreas e seus padrões fenológicos, para determinar uma dinâmica das interações planta/dispersores. As espécies arbóreas

utilizadas devem atrair tanto os polinizadores como os dispersores para assegurar a continuidade da floresta no futuro.

A propagação das árvores permite que a variabilidade genética característica de cada espécie possibilite ganhos ao passar de uma geração para outra. Sua restrição pode diminuir o acervo genético necessário a evolução quando se trata de conservar a biodiversidade.

Portanto as mudas destinadas a ações de reflorestamento com vistas à preservação da biodiversidade (áreas de preservação permanente, reservas legais, medidas mitigadoras de impacto ambiental) devem ser oriundas da própria área de intervenção e mais especificamente, das comunidades vegetais vizinhas. Assim sendo, a aquisição de mudas de produtores distantes, de outros municípios e mesmo de outros estados, deve ser evitada sempre que possível.

Quando as ações de reflorestamento forem oriundas de sementes é essencial o cuidado com a produção ou aquisição das sementes, pois, sendo a revegetação uma ação de médio e longo prazo, o início do processo deve oferecer certa segurança quanto ao sucesso das futuras plantações (MACEDO, 1993).

Procurando que a restauração não se limite, é necessário buscar técnicas que facilitem os processos naturais da sucessão e desenvolvimento do ecossistema com rapidez, baixo custo e mínimos “*inputs*” e de forma a garantir a estabilidade (nenhuma necessidade de manutenção futura) e certo grau de benefícios diretos para o homem conforme preconizado por Engel e Parrota (2008).

2.6 Caracterização da Região

O município de Campos dos Goytacazes está localizado na Região Norte do Estado do Rio de Janeiro (Figura 5), a 279 km da capital estadual, sendo o maior município do Estado com uma área total de 4.031,910 km² e uma estimativa 441.84 habitantes para o ano de 2009 (IBGE, 2010).

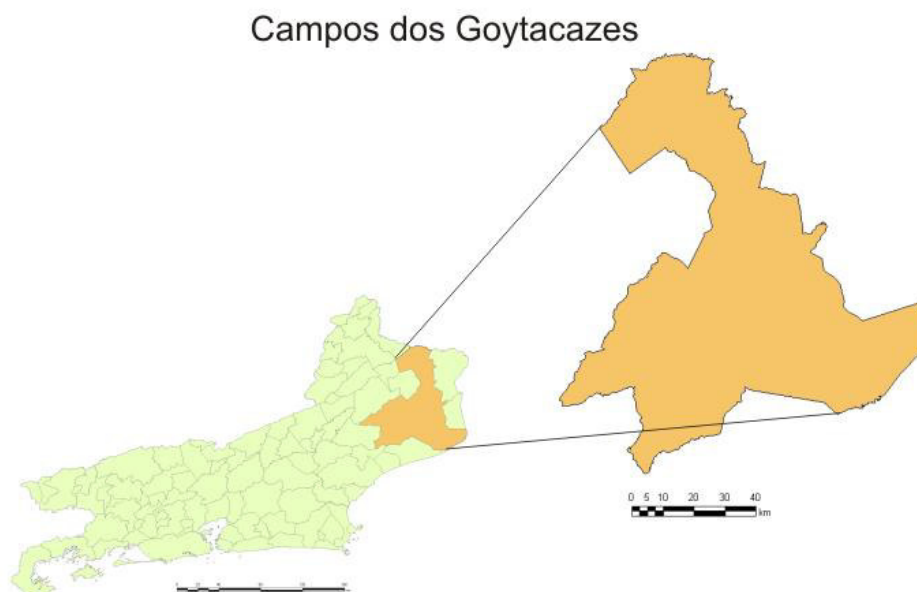


Figura 3 - Mapa de localização do município de Campos dos Goytacazes
(Fonte: Laboratório de Geomática do IFF)

Geologicamente, essa região distingue-se por três divisões distintas: embasamento cristalino, tabuleiros terciários e planície quaternária. (LAMEGO, 1945), cada um com suas características particulares quando relacionadas à evolução dos processos geoquímicos.

O embasamento cristalino corresponde às serras, colinas e maciços que se estendem a oeste e norte do município, formados por rochas cristalinas, onde predominam gnaisses e granitos. Remontam ao pré-cambriano, período marcado por grandes dobramentos e falhas e que foram, no período Terciário, novamente submetidos a esforços internos que acabaram resultando em extensas linhas de falha, escarpas vigorosas e relevos alinhados (COSTA, 2008).

As escarpas da Serra do Mar podem ser vistas no interior do município, próximo aos limites com São Fidélis, Santa Maria Madalena e Bom Jesus de Itabapoana orientadas ao Sudoeste - Nordeste com uma topografia acidentada onde predominam, como descritos no RADAMBRASIL (IBGE, 1987): “vales alongados, segmentos de drenagem retilíneos, linhas de cristas e de cumeadas paralelas, relevos com grandes desníveis altimétricos e escarpas íngremes”, proporcionando um relevo movimentado.

As maiores altitudes são encontradas ao sul do Rio Paraíba do Sul, onde fica o ponto mais elevado do município, o Pico São Mateus com 1.576 m.

O Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ apresenta a seguinte descrição para os tabuleiros presentes na região norte fluminense: são compostos por depósitos sedimentares do período Terciário/Quaternário, com altura variando entre 15 e 80 metros e topos retilíneos (SUCHAROV, E.C.; et al, 1996). Apresentam-se cortados por vales de fundo chato, em geral, alagados, entremeados com cordões arenosos da Planície Costeira. É seccionada pela planície aluvionar, ocorrendo em dois segmentos: o primeiro, ao sul do Rio Paraíba do Sul, envolvendo a Lagoa Feia prolongando-se para oeste até a Bacia do Rio Imbé; o segundo, ao norte do Rio Paraíba do Sul, compreendendo a área urbana da Cidade e estende-se pela margem esquerda do Rio Muriaé até a Região da Sapucaia e, para o norte, até as proximidades de Conselheiro Josino. Dali dirige-se para oeste, até o mar, no território do Município de São Francisco de Itabapoana. Na Baixada Campista, encontram-se também alguns remanescentes de tabuleiros do Grupo Barreiras com suave declividade para o mar (COSTA, 2008).

E, finalmente, a vasta planície quaternária de aluviões fluviais, que se estende desde o Rio Paraíba do Sul, ao norte, até a Lagoa Feia, ao sul, e da divisa com o Município de São João da Barra, a leste, até a Lagoa de Cima, a oeste. Nela ocorrem solos de alta fertilidade conhecidos como “massapês”, propícios à atividade agrícola (COSTA, 2008).

Lamego (1945) destaca “Na fôlha de Campos, vemos planícies aluvionares sedimentadas às margens do rio. (...) Essas aluviões enriquecem a terra campista, tornando-a uma das mais férteis e afamadas para a cultura da cana de açúcar.” Ainda destaca que os braços que saíam do curso principal do rio Paraíba eram também responsáveis por depositar argila nas margens, sempre que ocorria enchente e que essa sedimentação permaneceu visto que ano a ano as enchentes depositavam mais sedimentos nas margens.

A vegetação nativa característica da Baixada Campista, registrada por sesmeiros, historiadores e naturalistas do período colonial era a de campos herbáceos. Mas, tais campos foram inteiramente alterados em sua composição florística e, com isso, não se chegou a conhecer as espécies botânicas a eles pertencentes. No entanto, sabe-se que se referia a Campos como “extensas planícies formadas por sedimentos fluviolacustres cobertas de vegetação herbácea inundável” (SOFFIATI, 2006).

Atualmente, segundo dados da Fundação CIDE (1994), a cobertura florestal do município de Campos dos Goytacazes está distribuída em 5,7% de floresta Ombrófila Densa, perenifólia, com dossel de até 15m e árvores emergentes de até 40m de altura; 8,2% de formações pioneiras; 3,5% de vegetação secundária; 76,3% de área agrícola e pastagens e o restante distribuído na área urbana e demais fisionomias (Figura 3).

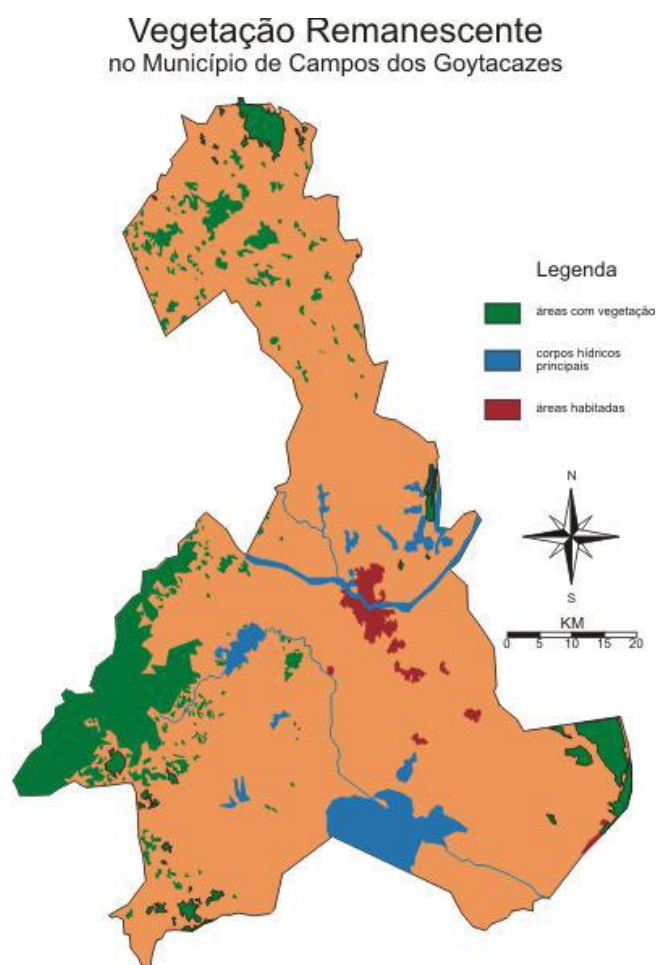


Figura 04 – Vegetação nativa remanescente no Município de Campos dos Goytacazes

Fonte: Adaptado do INEA, 2009.

O uso e a cobertura do solo da Baixada Campista estão intimamente ligados à sua topografia (CAMPOS DOS GOYTACAZES, 2005). O desenvolvimento da atividade canavieira provocou grandes transformações na paisagem, com o desaparecimento de

inúmeras lagoas e o surgimento de numerosos canais, através de obras de drenagem. A atividade canavieira é responsável, também, pela retirada da cobertura vegetal das áreas de tabuleiros, inicialmente, com a retirada de lenha para alimentar os engenhos a vapor, de madeira para construção, e, mais recentemente, com a utilização dessas áreas para o cultivo (SOFFIATI, 2006).

As regiões de morros e colinas tiveram sua cobertura do solo original substituída por lavouras de café, sendo posteriormente transformadas em áreas de pecuária extensiva. Assim, apenas as áreas mais íngremes e úmidas, do sudoeste do Município, como as Serras de Itacolomi e do Imbé, denominações locais deste trecho da Serra do Mar, ainda apresentam cobertura florestal. (CAMPOS DOS GOYTACAZES, 2005).

O município apresenta ainda remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual com vegetação típica do bioma Mata Atlântica, estando condicionada pela dupla estacionalidade climática, perdendo parte das folhas (20 a 50%) nos períodos secos e áreas de Formações Pioneiras com influência marinha, fluviomarinha e fluvial, representadas pelas restingas, cordões litorâneos e dunas que ocorrem ao longo da costa, ocorrendo desde formações herbáceas até arbóreas. Os manguezais apresentam influência fluviomarinha onde nasce uma vegetação de ambiente salobro que também apresenta fisionomia arbórea e arbustiva. As áreas de cultura estendem-se por toda a planície aluvionar e pela de tabuleiros, as de pastagem ocupam os terrenos colinosos de sudoeste, oeste e norte e as áreas planas e secas do sudeste (INEA, 2008).

O clima do município é quente e úmido com estação chuvosa no verão e estiagem no inverno. As precipitações pluviométricas medidas no posto climatológico do Campus Dr. Leonel Miranda do ano de 2008 somaram 1.635,8 mm, sendo que a temperatura média anual é de 27,1°C, com máxima de 34°C (CLM/UFRRJ). Os dados médios climáticos da região Campos dos Goytacazes obtidos a partir de uma série histórica de 10 anos da estação climatológica do Campus Leonel Miranda (UFRRJ) encontram-se na Tabela 3.

Tabela 03 – *Dados médios climáticos de Campos dos Goytacazes.*

meses	temperatura	precipitação	ET tanque Classe A	umidade Relativa	velocidade do vento	insolação	Eto (Penman)
	°C	mm	mm/dia	%	Km/h	horas	mm/dia
janeiro	27,1	134,0	5,1	76,1	2,4	6,9	5,6
fevereiro	27,7	82,0	5,5	73,7	1,9	6,8	6,0
março	26,1	83,0	4,6	75,9	1,7	6,2	4,9
Abril	24,0	83,0	3,8	77,7	1,5	6,4	4,0
Maio	22,3	54,0	3,1	77,4	1,4	6,2	3,4
Junho	21,4	34,0	2,6	77,2	1,5	6,4	2,9
Julho	21,4	42,0	2,9	74,3	1,8	6,9	3,0
agosto	22,1	30,0	3,5	76,5	2,2	5,3	3,7
setembro	22,9	57,0	3,7	77,7	2,5	4,5	4,1
outubro	24,3	99,0	4,1	77,9	2,5	5,1	4,6
novembro	25,3	153,0	4,7	78,2	2,4	4,8	5,2
dezembro	25,1	172,0	4,7	75,6	2,2	4,8	5,1
média	27.1	85.3	4.0	76.5	2.0	5.9	4.4
Total	-	1023,0	-	-	-	2143,0	1601,5

Fonte: Oliveira, 1996.

Pelos dados médios climáticos dessa tabela, identifica-se um período chuvoso que se inicia em outubro/novembro e termina nos meses de janeiro/fevereiro, época quando ocorre cerca 63% da média anual.

O centro urbano abriga 76,65% da população do município que contribui com 12,4% da atividade econômica do estado. O IDH-M é de 0,752, sendo o 54º do estado e 1818º colocado entre os municípios da federação (CIDE, 2000).

As áreas onde são encontradas as jazidas de argila (Figura 4) estão à margem direita do Rio Paraíba do Sul, ao longo da estrada RJ-216 que liga Campos ao Farol de São Tomé, estando a sua maior concentração próxima aos vilarejos de São Sebastião, Poço Gordo e do Mosteiro de São Bento. Esses sedimentos são típicos de planície de inundação, estando ligados à flutuação do curso do rio, desde a Lagoa Feia até a foz atual (RAMOS, 2000).



Figura 05 – Região das jazidas no município de Campos dos Goytacazes.

(Fonte: Adaptado de Ramos 2000).

Os sedimentos encontrados nesta região são constituídos por argilas e siltes, micáceos, de coloração acinzentada e areias quartzosas de coloração branco-amarelada. A argila é um sedimento característico de coloração cinza-negra e textura plástica e pode estar associada a depósitos de diatomita ou, quando em pântanos e brejos, associada à turfa (IAA/MIC, 1983).

A caracterização das argilas provenientes das diferentes áreas de extração classifica-a como inorgânica, de elevada plasticidade, com teor de matéria orgânica inferior a 1%, com predominância de caulinita, sendo notada a presença de quartzo, mica, anfíbolitos, zircão, gibsitita, goetita e codierita, todas dentro dos padrões obtidos por outras argilas nacionais (VALICHESKI, 2004).

3 - MATERIAIS E MÉTODO

O trabalho foi desenvolvido no município de Campos dos Goytacazes, norte do estado do Rio de Janeiro, em áreas degradadas pela extração de argila feita pelas indústrias cerâmicas locais. Foram demarcadas 11 cavas representativas da área de exploração de argila na região (Figura 6), nas quais o solo foi amostrado para análise química da fertilidade, utilizando-se o método de amostragem recomendado por Almeida et al, 1988. As análises químicas foram realizadas no laboratório de solos do Campus Dr. Leonel Miranda – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Estas cavas estão nas localidades de Barcelos, Saquarema Grande, Goytacazes, Poço Gordo, Campo Limpo, Tocos, Mussurepe, Santo Amaro e Pipeiras.

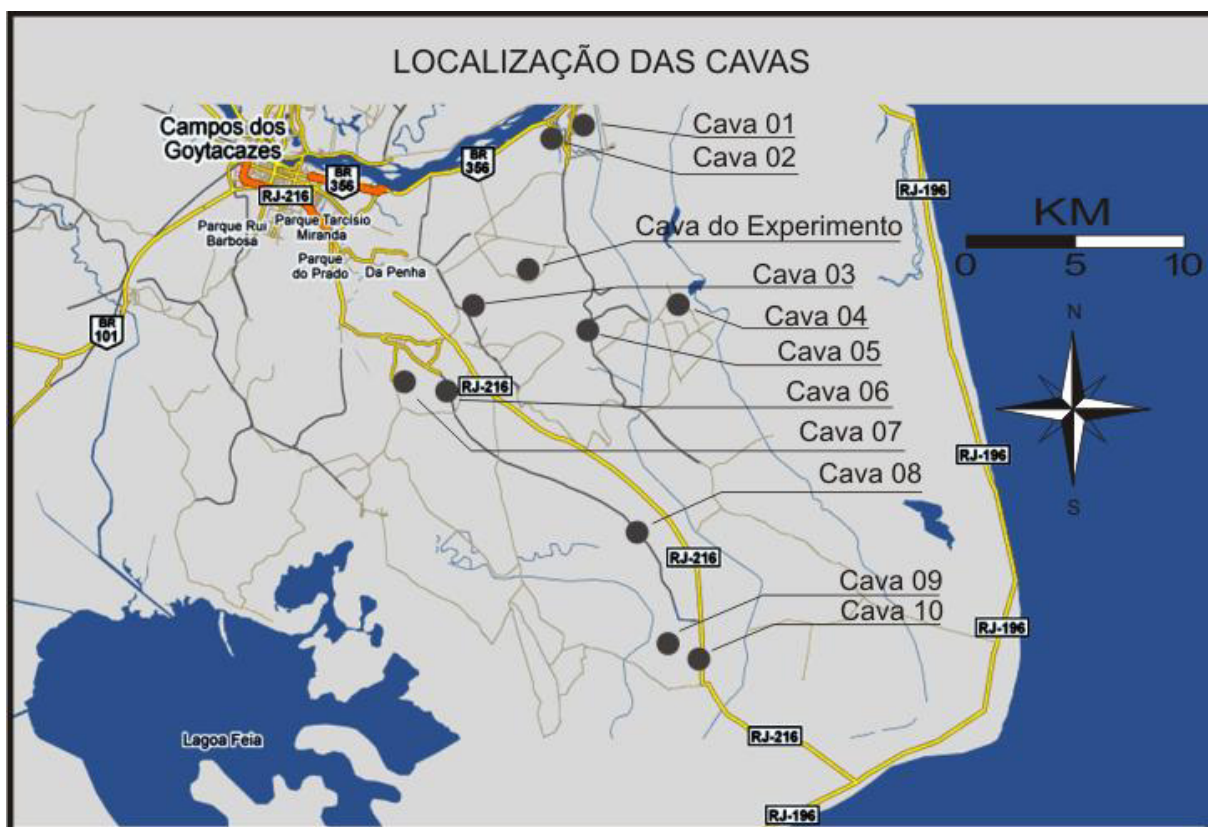


Figura 06 – Localização das cavas amostradas.

(Fonte: Adaptado do Google Earth)

Na cava localizada em Saquarema Grande, 4º distrito do Município de Campos dos Goytacazes (Figura 6), de propriedade do produtor rural Francisco Motta Filho, (latitude 21°44'22.0" Sul e longitude de 41°12'26.2" Oeste), foi revegetada uma área experimental de 448 m² com o plantio de mudas de 12 espécies arbóreas, sendo seis do grupo ecofisiológico das pioneiras e seis do grupo das secundárias.

O preparo da área consistiu de roçada da vegetação (predominância de gramíneas), demarcação e coroamento dos pontos de coveamento, abertura e preparo das covas. As covas foram abertas nas dimensões de 50 cm de largura x 50 cm de comprimento x 50 cm de profundidade e preparadas com 20 dias de antecedência do plantio. A adubação de plantio foi feita com base na análise do solo, empregando-se apenas 20,0L de esterco curtido/cova. O plantio foi realizado em maio/2009, no espaçamento de 2,0 m x 2,0 m entre plantas, adotando-se um modelo proposto por Kageyama (Figura 7). Foram utilizados, em média, nove exemplares de cada espécie, num total de 112 plantas na área experimental. Na ocasião do plantio, as mudas estavam com seis meses de idade e altura variando de 10 a 89 cm. Foram cultivadas em tubetes de 53 ml, contendo substrato comercial (Pantmax Florestal).

Quadro 01 – Modelo de plantio utilizado para revegetação da Cava.

Linha 01	P	→	S	P	S	P	S	P	S	-----	P
Linha 02	S	→	P	S	P	S	P	S	P	-----	S
Linha 03	P	→	S	P	S	P	S	P	S	-----	P
Linha 04	S	→	P	S	P	S	P	S	P	-----	S
-----		→	-----							-----	
Linha 15	P	→	S	P	S	P	S	P	S	-----	P

P=pioneiras; S=secundárias.

O ritmo de desenvolvimento inicial das mudas foi avaliado mensalmente, medindo-se a altura da muda e o diâmetro do caule na altura do colo das plantas (DAC). As médias dos valores obtidos foram utilizadas como parâmetro de referência de desenvolvimento de cada espécie e na comparação entre os grupos ecológicos utilizados.

Durante o período de estudo foram realizadas seis roçadas na área experimental com auxílio de roçadeira motorizada e coroamento à enxada nas proximidades das mudas, de forma a possibilitar a medição dos parâmetros de crescimento das espécies florestais.

O modelo de revegetação implantado foi analisado no aspecto econômico com base nos custos do sistema e na importância ambiental e social.

A área foi revegetada utilizando-se onze espécies arbóreas nativas e uma exótica, adaptadas a solos inundados por períodos longos (1 a 3 meses), na proporção de 50% pioneiras (P), 50% secundárias (S) (Tabela 4).

Tabela 04. Espécies arbóreas utilizadas inicialmente na recuperação de cavas oriundas da extração de argila na região de Campos dos Goytacazes, RJ.

Nome Comum	Nome Científico	Grupo ecofisiológico
Araçá coroa	<i>Psidium cattleianum</i>	P
Aroeira-vermelha	<i>Schinus terebinthifolius</i>	P
Embaúba-do-brejo	<i>Cecropia pachystachya</i>	P
Goiabeira	<i>Psidium guajava</i>	P
Guamirim	<i>Myrciaria tenella</i>	S
Guarana ou Leiteira	<i>Peschiera fuchsiaefolia</i>	P
Ingá-da-praia	<i>Inga laurina</i>	S
Ingá-do-brejo	<i>Inga uruguensis</i>	S
Ingá-feijão	<i>Inga marginata</i>	S
Jamelão	<i>Syzygium jambolanum</i>	S
Mololô	<i>Annona glabra</i>	S
Sangra-d'água	<i>Croton urucurana</i>	P

P = pioneira; S =secundária.

A utilização do *Syzygium jambolanum* (única espécie alóctone) é justificada pela sua longa presença na região (superior a 200 anos), apresentando excelente desenvolvimento nos plantios, formando copas amplas e extensa malha de raízes. Seus frutos são avidamente consumidos pela fauna silvestre além de suportar bem as situações de alagamento. O Mapa de distribuição das espécies na área de estudo é mostrado na Figura 07.

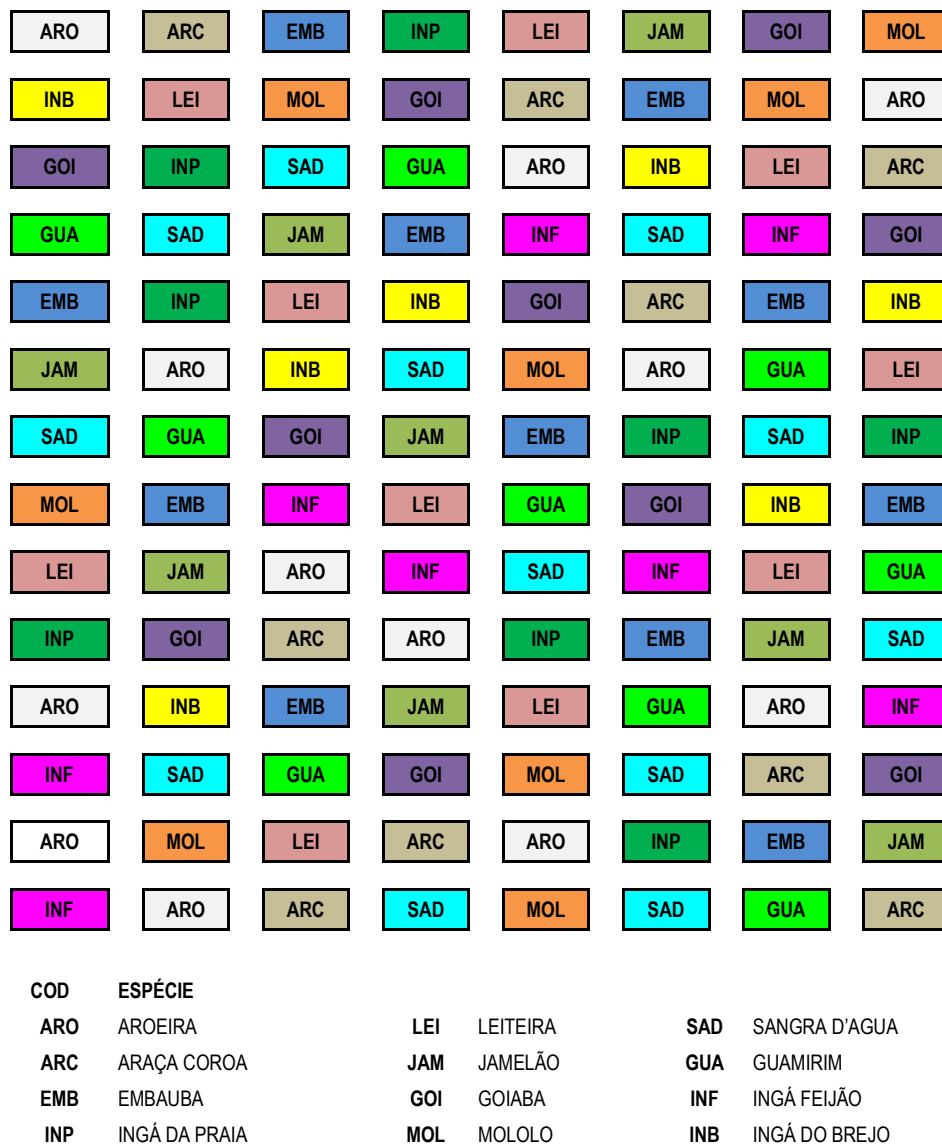


Figura 07: Mapa de distribuição das espécies na área de estudo.

A seleção das mudas a serem utilizadas foi realizada tomando-se em conta as condições remanescentes do terreno, neste caso, o lençol freático muito próximo à superfície e o alagamento da área nos períodos de cheia intensa.

A cava onde se desenvolveu este trabalho já estava com o solo aplainado dispensando essa medida para regularização do terreno. Para o restante das operações, optamos por realizá-las manualmente, para se estimar a quantidade de mão de obra a ser utilizada na implantação de um hectare de revegetação.

Comparamos os valores obtidos na análise do solo das cavas amostradas com a classificação proposta por Almeida et al. (1988) para análise de níveis fósforo (P), potássio (K), alumínio (Al), cálcio mais magnésio (Ca + Mg), potencial de hidrogênio (pH) e carbono (C) para o estado do Rio de Janeiro.

O pH variou de moderadamente ácido a moderadamente alcalino (5,7 a 7,4), sendo que na maioria das análises classificou-se como moderadamente ácido.

Os níveis de fósforo encontrados em 70% das amostras ficaram na classe de fertilidade muito baixa (menor de 14mg/dm³) e o restante como baixa (entre 14 e 28 mg/dm³). O mesmo comportamento foi observado para o potássio (K) onde também na maioria das cavas (70%) ficou na classe de fertilidade muito baixa e baixa (30%).

Considerando os níveis de cálcio e magnésio encontrados nas análises, as classes de fertilidade foram classificadas de médio a muito alto, sendo que na maioria das cavas predominaram as classes alto e muito alto. O alumínio não foi detectado na maioria das análises (70%) e quando ocorreu se deu em baixos níveis.

Considerando recomendações a fim de elevar os níveis de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) encontrados e neutralizar a ação do alumínio para espécies florestais, conclui-se que nas cavas estudadas não será necessário a realização de calagem. Os valores encontrados de Soma de Bases (S.B.), Capacidade de Troca Catiônica (T e t), Saturação de Alumínio (m) e Saturação de Base (V) confirmam esta conclusão.

As altas saturações por bases (valor $V > 60\%$) e os elevados teores de bases trocáveis dos perfis estudados podem ser conseqüência de elevados teores de cálcio e magnésio. O sódio, quando apresenta elevada concentração, também tem grande influência no valor V. Nas condições das cavas, dependendo da capacidade de retenção de cátions, o teor deste elemento químico pode alcançar nos solos, níveis tóxicos e intolerantes para as culturas.

Em 90% das amostras analisadas os níveis de carbono (C) foram classificados como baixo nível de fertilidade. A matéria orgânica tem seus teores nas cavas varia entre 8,3 a 23,4 g/dm³. A operação de retirada de argila nas cavas promove a remoção deste importante componente, reduzindo a sua fertilidade.

No que diz respeito ao suprimento de fósforo (P), para espécies florestais não será necessário adubação, por outro lado, será preciso o equivalente a 30 kg/ha de K₂O (óxido de potássio) em adubo mineral ou orgânico.

O teor total médio do cobre (Cu) nos solos em geral varia de 10 a 80 mg/kg. Os valores encontrados nas análises variam de 1,8 e 10,8 mg/dm³, podendo em todos os casos ser considerado baixo.

Os níveis de ferro (Fe) nos solos das cavas variaram de 72 a 545,6 mg/dm³, enquanto, a concentração média encontrada no solo é de 38 mg/kg.

Os resultados das análises para o manganês (Mn) encontraram valores variando entre 12,9 e 146,4 mg/dm³, níveis baixos comparados aos teores médios encontrados nos solos (faixa entre 20 a 3000 mg/kg).

O teor de zinco (Zn) variou nos resultados entre 2,4 a 24,6 mg/dm³ nas análises dos solos nas cavas. Nos solos os seus teores variam geralmente encontram-se na faixa de 10 a 300 mg/kg, se apresentando mais disponível em solos com pH ácido.

O sódio (Na) foi encontrado nas análises em teores variando entre 0,60 a 4,70 cmol/dm³. O elevado teor de sódio, no complexo sortivo do solo, com altas concentrações de sódio trocável devem ser consideradas, pois, nas condições encontradas, esse elemento químico pode apresentar efeito fitotóxico para várias espécies vegetais, que resulta em severas restrições para a reutilização dessas áreas para fins agrícolas após a extração da argila.

4.3 Avaliação dos parâmetros de crescimento das espécies vegetais.

A maior taxa média de crescimento foi encontrada na espécie *Schinus terebinthifolius* (Aroeira) com um valor de 25,44 cm mensal e a menor taxa de crescimento verificado na espécie *Inga marginata* (Ingá Feijão) com um valor de 2,83 cm mensal.

O índice de sobrevivência das espécies foi de 91,07%, com a perda de nove (9) árvores, sendo 2 da espécie Araçá Coroa (*Psidium cattleianum*) e 3 Embaúbas (*Cecropia pachystachya*), 2 Guamirins (*Myrciaria tenella*) e 2 Ingás da Praia (*Inga laurina*).

Os dados de crescimento das espécies utilizadas na área experimental (cava de Saquarema) se apresentaram dentro da média quando comparadas a taxas de crescimento da mesma espécie em outros locais. Na tabela 7 apresentamos algumas comparações com o

experimento realizado pelo pesquisador, Prof. Dr. Mauri Lima Filho em área de mata ciliar, conforme pode ser observado também na Figura 17.

Tabela 06: Comparação entre o crescimento na cava e fora dela.

Nome Comum	Nome Científico	Valor médio na mata ciliar	Valor médio encontrado na cava
Aroeira-vermelha	Schinus terebinthipholius	146,6 cm	190,3 cm
Embaúba-do-brejo	Cecropia pachystachya	142,3 cm	131,2 cm
Goiabeira	Psidium guajava	86,0 cm	86,7 cm
Guarana ou Leiteira *	Peschiera fuchsiaefolia	64,2 cm	73,2 cm
Sangra-d'água	Croton urucurana	149,4 cm	201,5 cm

Fonte: Prof. Dr. Mauri Lima Filho.



Figura 12 - Exemplo de Embaúba após 7 meses de plantio **Foto:** do Autor.

Tabela 07: Valores do diâmetro médio a Altura do Colo (DAC) das espécies no período de 30 dias a 300 dias após o plantio em cava de argila, no município de Campos dos Goytacazes, RJ

	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
<i>Schinus terebinthifolius</i>	0,43	0,62	0,79	1,02	1,20	1,31	1,45	2,02	2,73	3,05
<i>Psidium cattleianum</i>	0,40	0,40	0,45	0,47	0,55	0,64	0,85	0,96	1,13	1,39
<i>Cecropia pachystachya</i>	0,58	0,74	0,85	1,02	1,07	1,11	1,26	1,74	2,70	3,12
<i>Inga laurina</i>	0,50	0,53	0,58	0,62	0,73	0,75	0,79	1,04	1,25	1,66
<i>Peschiera fuchsiaefolia</i>	0,29	0,34	0,37	0,44	0,49	0,52	0,58	0,81	0,99	1,17
<i>Syzygium jambolanum</i>	0,68	0,79	0,85	0,93	0,99	1,07	1,15	1,47	1,80	2,34
<i>Psidium guajava</i>	0,39	0,44	0,47	0,55	0,58	0,62	0,70	1,11	1,23	1,52
<i>Cordia sp</i>	0,53	0,62	0,71	0,78	0,86	0,92	0,98	1,26	1,64	1,76
<i>Inga uruguensis</i>	0,71	0,85	0,94	1,11	1,21	1,26	1,37	1,83	2,77	3,19
<i>Croton urucurana</i>	0,50	0,73	0,89	1,18	1,32	1,36	2,03	2,03	2,53	3,37
<i>Myrciaria tenella</i>	0,40	0,44	0,47	0,49	0,54	0,54	0,74	0,66	0,74	0,77
<i>Inga marginata</i>	0,52	0,59	0,62	0,70	0,73	0,73	1,13	0,88	1,03	1,13

Tabela 08: Valores da altura média das espécies no período de 30 dias a 300 dias após o plantio em cava de argila, no município de Campos dos Goytacazes, RJ.

	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
<i>Schinus terebinthifolius</i>	39,00	44,67	52,92	63,67	67,58	73,75	85,83	112,00	175,50	190,33
<i>Psidium cattleianum</i>	42,57	43,14	44,43	45,43	46,14	46,00	46,00	49,29	64,71	66,00
<i>Cecropia pachystachya</i>	41,67	42,44	45,22	47,11	47,89	48,44	50,78	65,89	113,11	131,22
<i>Inga laurina</i>	40,00	40,43	40,43	42,43	43,43	44,29	47,43	52,86	79,00	96,43
<i>Peschiera fuchsiaefolia</i>	12,70	13,20	14,50	17,80	19,80	23,10	27,40	44,80	67,00	73,20
<i>Syzygium jambolanum</i>	61,00	67,50	69,38	71,38	71,25	73,75	79,13	94,00	121,63	138,63
<i>Psidium guajava</i>	42,40	42,70	43,20	44,40	44,30	44,40	45,60	53,50	81,60	86,70
<i>Cordia sp</i>	36,00	37,75	40,00	43,13	44,13	45,50	48,00	57,50	76,88	75,13
<i>Inga uruguensis</i>	68,57	70,14	72,14	76,29	78,00	81,43	83,43	102,14	178,86	180,57
<i>Croton urucurana</i>	39,67	43,00	48,83	60,92	66,25	74,67	84,25	115,25	187,42	201,50
<i>Myrciaria tenella</i>	39,89	41,33	41,67	42,11	43,33	41,00	41,33	44,78	46,67	52,00
<i>Inga marginata</i>	40,13	40,88	41,00	41,25	41,50	40,38	42,13	42,63	48,63	55,88

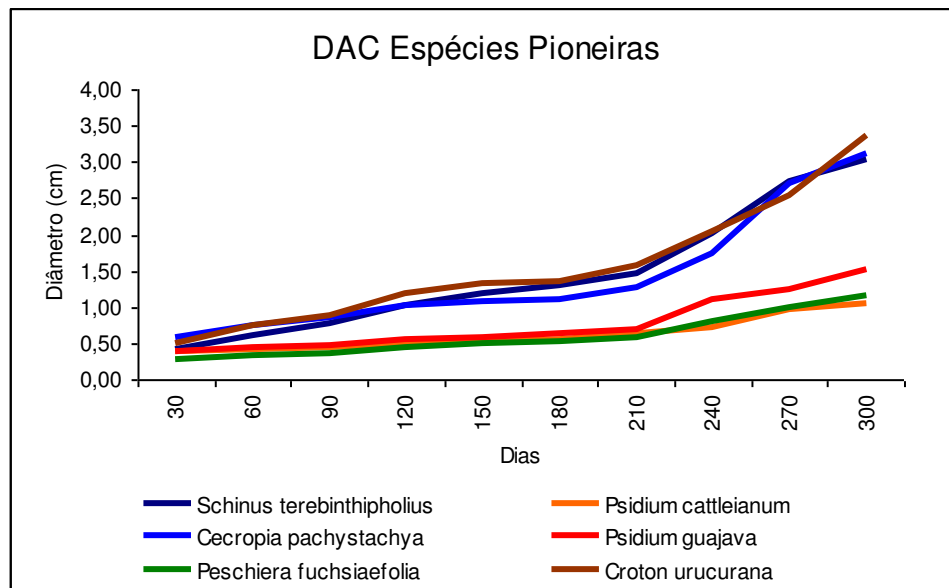


Figura 13 – Evolução do diâmetro médio a Altura do Colo (DAC) de espécies pioneiras no período de 30 dias a 300 dias após o plantio em cava de argila, no município de Campos dos Goytacazes, RJ.

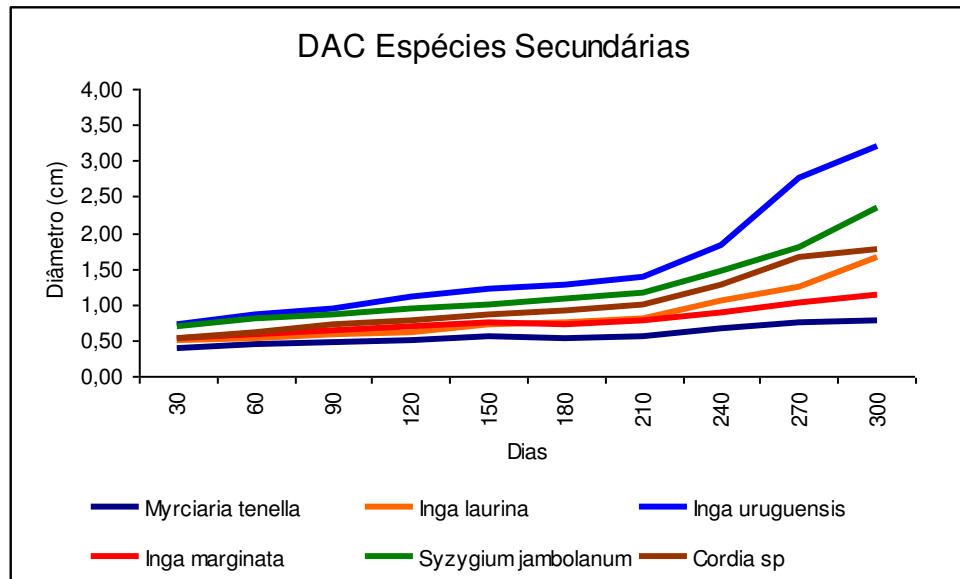


Figura 14 – Evolução do diâmetro médio a Altura do Colo (DAC) de espécies secundárias no período de 30 dias a 300 dias após o plantio em cava de argila, no município de Campos dos Goytacazes, RJ.

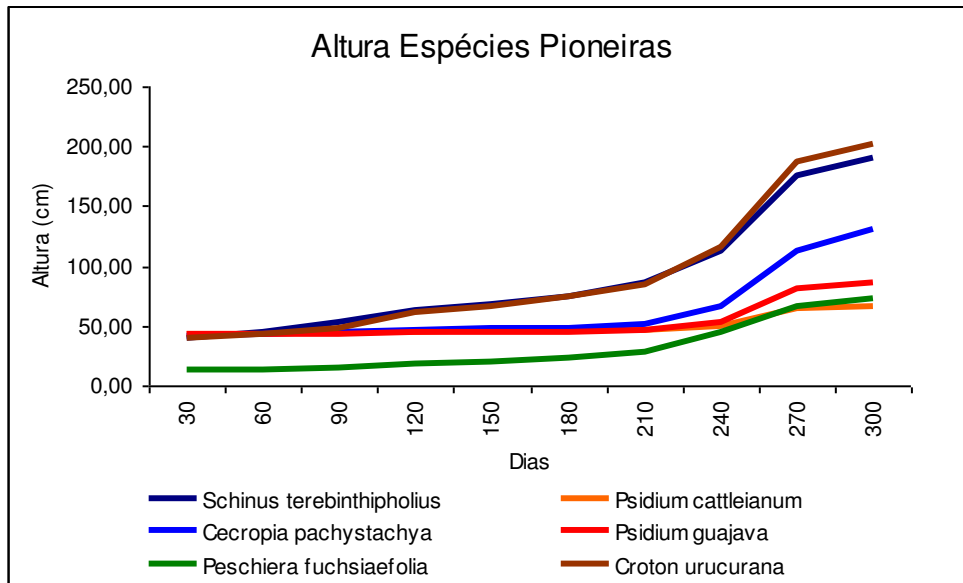


Figura 15 – Evolução da altura média das espécies pioneiras no período de 30 dias a 300 dias após o plantio em cava de argila, no município de Campos dos Goytacazes, RJ.

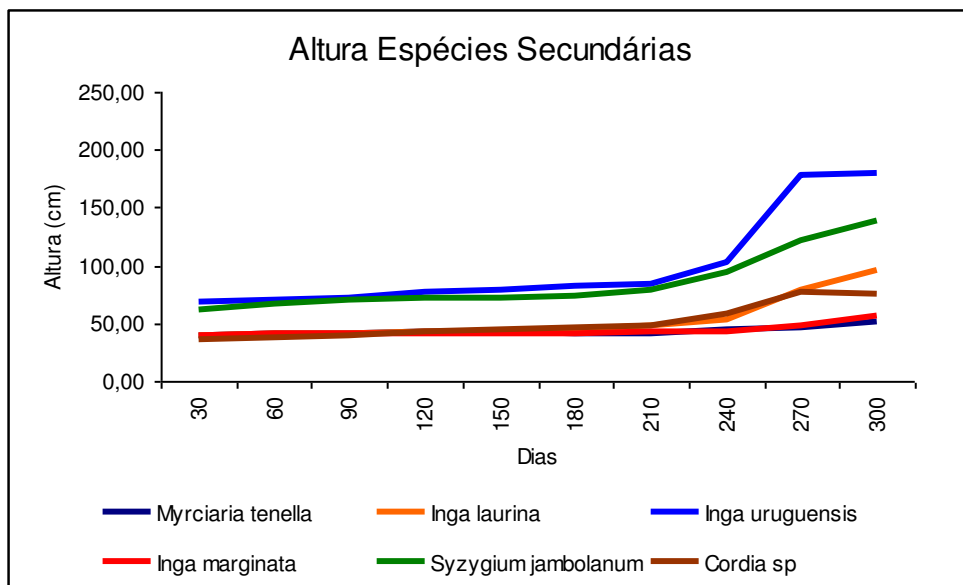


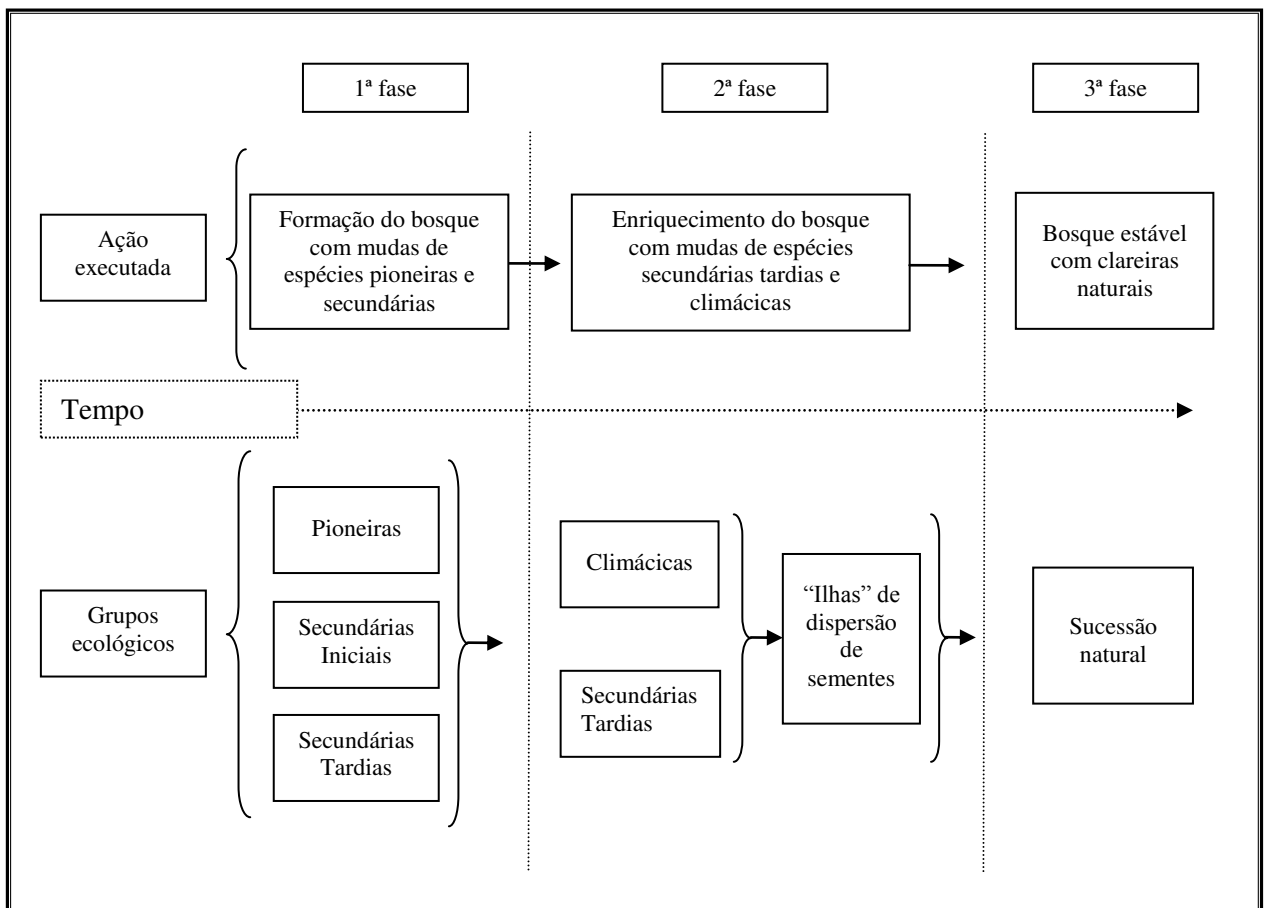
Figura 16 – Evolução da altura média das espécies pioneiras no período de 30 dias a 300 dias após o plantio em cava de argila, no município de Campos dos Goytacazes, RJ.

De um modo geral, observamos, através dos resultados de campo, que todas as espécies plantadas se desenvolveram satisfatoriamente, sendo que as espécies *Schinus terebinthifolius* (Aroeira), *Croton urucurana* (Sangra d'água) e *Inga uruguensis* (Ingá do brejo) foram as que tiveram as melhores taxas de crescimento.

Um dos problemas encontrados na implantação do experimento foi a dificuldade de se encontrar mudas de algumas espécies nativas presentes na região, que não têm expressividade comercial, e que deverão ser cultivadas exclusivamente para fins de restauração ecológica. Essa limitação levou a utilização de mudas de tamanhos variados e a não inclusão de algumas espécies que não dispunham de mudas na época do plantio.

Para a recuperação ecológica da área, foram previstas três fases de desenvolvimento e implantação de ações e grupos ecológicos, sendo executada apenas a 1ª fase (Quadro 02).

Quadro 02: Representação das fases de desenvolvimento do projeto e os grupos ecológicos utilizados em cada fase.



As roçadas, capinas de manutenção e controle de formigas foram realizados de acordo com a necessidade, não tendo uma periodicidade fixa, e aconteceram em cinco ocasiões, com

a maior ocorrência durante o período das chuvas, período de maior crescimento do capim colônio que infesta a área. A ocorrência do cipó corda de viola (*Ipomoea* spp) preocupa de forma especial, por ser prejudicial ao crescimento e desenvolvimento das plantas. O controle foi realizado através da capina e retirada manual dos mesmos.

As espécies com frutos consumidos pela fauna local foram privilegiadas, para incrementar a dispersão das sementes. O ingá da praia, ingá feijão e ingá do brejo foram as leguminosas utilizadas.

4.4 Custos de implantação e manutenção.

A mão de obra utilizada e as atividades desenvolvidas, assim como a quantidade de horas utilizadas na execução do experimento estão demonstradas na tabela 9.

Tabela 09 – Quantidade de horas utilizadas nas atividades desenvolvidas no experimento.

Atividades desenvolvidas durante a realização do estudo para a área de 448m²	
Preparação da cava (roçada dos capins e arbustos nas faixas de cultivo para o plantio) mecanizada	3h
Marcação das covas	3h
Coveamento manual	30h
Aplicação e incorporação de adubo orgânico, plantio de mudas nativas	4h
Coroamento (capina ao redor) das mudas	8h
Replantio	1h
Combate a formigas e outras pragas	1h
Roçadas de manutenção	8h
Instalação da cerca	12h
Total	70 horas

Para a área do projeto (448 m²) utilizamos 70 horas de trabalho até a última medida (19/02/2010) para a implantação e manutenção da área. Estimando estas horas de trabalho proporcionalmente para um hectare, nas mesmas condições, perfaz um total de 1.562,5 horas.

Tomando-se a jornada de trabalho mensal convencional, com 8 horas diárias, perfazendo um total de 220 horas mensais e o salário base de R\$ 510,00 (salário federal em

fevereiro de 2010), temos o valor de R\$ 2,36 reais por hora. Para um hectare seriam R\$ 2,36 x 1.562,5 horas = R\$ 3.687,50 de mão de obra por hectare por ano.

O custo das mudas variou de R\$ 0,35 (trinta e cinco centavos de real) até R\$ 6,00 (seis reais) dependendo do tamanho da muda. Em um plantio adensado, com 2.500 plantas por hectare, seriam gastos com mudas um valor que varia entre R\$ 875,00 (oitocentos e setenta e cinco reais) e R\$ 15.000,00 (quinze mil reais). Para mudas de aproximadamente 40 cm o valor médio é de R\$ 0,80 (oitenta centavos) perfazendo um total de R\$ 2.000,00 (dois mil reais) por hectare.

O nivelamento da área e acerto da borda da extração de um hectare demanda cerca de 4 horas de trabalho de trator de esteira a um custo médio de R\$ 80,00 (oitenta reais) por hora.

Chega-se a um valor estimado de R\$ 6.007,50 (seis mil, sete reais e cinquenta centavos) por hectare, considerando mudas de 40 cm de comprimento. Considerando um percentual de 30% (trinta por cento) para o técnico responsável pelo projeto, teríamos um custo total de R\$ 7.809,75 (sete mil oitocentos e nove reais e setenta e cinco centavos). Este valor está distribuído em 47,22% em mão de obra, 25,61% nas mudas, 4,10% entre insumos e regularização mecanizada do terreno e 23,08% de responsabilidade técnica.

4.2 Resultados da Análise do Solo das Cavas Amostradas

A Tabela 05 apresenta os resultados das análises químicas de solo das cavas estudadas.

Tabela 05 - Propriedades químicas de substrato da cava de extração de argila na camada de 0,20 m de profundidade

	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	Na	C	MO	SB	T	t	m	V	Fe	Cu	Zn	Mn
		mg/dm ³		cmol _c /dm ³					%	g/dm ³	cmol _c /dm ³			%	mg/dm ³				
Cava Exp	6,8	46	399	2,1	1,7	0,0	1,2	0,60	0,41	7,1	5,4	6,6	5,4	0	82	125,4	3,0	2,5	15,9
Cava 1	5,9	10	32	3,6	2,6	0,1	3,4	0,45	0,87	15,0	6,7	10,1	6,8	1	66	244,2	4,0	4,5	76,8
Cava 2	5,7	19	60	3,8	2,6	0,2	4,2	0,31	0,91	15,7	6,9	11,1	7,1	3	62	545,6	7,7	5,9	146,4
Cava 3	7,4	10	25	7,6	3,1	0,0	0,8	2,09	0,67	11,6	12,9	13,7	12,9	0	94	72,0	4,4	3,2	21,3
Cava 4	7,1	27	29	4,0	2,5	0,0	2,2	0,60	0,55	9,5	7,2	9,4	7,2	0	77	99,0	2,4	4,0	29,5
Cava 5	6,3	10	8	7,2	4,3	0,0	1,1	4,70	0,44	7,6	16,2	17,3	16,2	0	94	77,4	1,8	2,4	23,6
Cava 6	6,7	11	30	3,7	2,1	0,0	1,7	2,74	0,79	13,6	8,6	10,3	8,6	0	84	238,2	6,4	3,6	84,0
Cava 7	5,7	27	49	9,1	5,1	0,0	3,3	1,67	1,36	23,4	16,0	19,3	16,0	0	83	131,4	10,8	24,6	68,4
Cava 8	6,7	11	19	2,9	3,3	0,0	2,3	0,90	0,59	10,2	7,1	9,4	7,1	0	76	88,8	3,3	3,8	23,3
Cava 9	5,9	14	82	1,3	1,4	0,2	2,5	0,96	0,48	8,3	3,9	6,4	4,1	5	61	145,8	4,7	2,6	12,9
Cava 10	7,4	114	40	4	0,6	0	0,7	0,15	0,95	16,4	4,9	5,6	4,9	0	87	142,8	19,2	6	45,6
Média	6,5	27,2	70,3	4,5	2,7	0,0	2,1	1,4	0,7	12,6	8,7	10,8	8,8	0,8	78,7	173,7	6,2	5,7	49,8

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 O Processo de Extração de Argila

O processo de extração de argila inicia-se com o proprietário das terras fazendo uma vala para prospecção onde estima a área, espessura e qualidade (barro fraco ou forte) da jazida (Figura 08).



Figura 08 – Valão de prospecção para estimativa do potencial da jazida. Foto: do autor

Uma vez definida a área, a extração da argila é realizada utilizando-se o método de extração em tiras, conforme descrito nos Planos de Controle Ambiental (PCA) de todos os processos de licenciamento verificados. Nesse tipo de extração, primeiro é retirado o horizonte A, que é o horizonte mineral com acúmulo de matéria orgânica misturada com o material mineral da superfície, para expor o pacote argiloso. Em seguida, é iniciada a extração da argila, utilizando-se retroescavadeiras (Figura 09). Na escavação da tira inicial a camada fértil (horizonte A) é colocada ao lado para reposição posterior. A partir daí, a camada fértil passa a ser retirada da tira que está sendo explorada e colocada sobre o fundo da cava aberta anteriormente.



Figura 09 – Jazida após exploração utilizando retroescavadeiras. **Foto:** do autor.

O processo de extração só é interrompido ao se atingir o nível do lençol freático (em algumas situações, a argila é extraída abaixo desse nível), quando a cava é inundada ou ao se esgotar a camada de argila.

Em alguns casos, como ocorre na localidade de Mussurepe, o lençol freático é tão próximo da superfície que, quando acontece extração do pacote argiloso, imediatamente a cava é preenchida com água impossibilitando a implantação de qualquer atividade de recuperação do solo para a agricultura. (Figura 10).



Figura 10 – Preenchimento de água do lençol freático em cava em processo de extração. **Foto:** do autor.

Nas entrevistas com os operadores das retroescavadeiras, 40% admitiram não retirar o horizonte A para repô-lo, visando preservar a camada fértil do solo, afirmando desconhecer a necessidade dessa medida. Um dos entrevistados afirmou recolocar a camada fértil, pois observou “que não nasce nada aí se não jogar essa terra aqui aí por cima!”. Na visita aos locais de lavra, pudemos confirmar essa prática onde, o horizonte A do solo é incorporado à argila e enviado para a olaria, apesar dessa prática diminuir a qualidade do produto final da olaria e privar o solo de sua porção de matéria orgânica superficial.

O aspecto econômico foi citado como principal causa da não preservação da camada fértil. Uma das características da jazida de argila da região é que ela é pouco espessa, variando entre 0,40 e 2,5 metros. Se o comprador do direito de explorar a jazida for preservar a camada fértil (em torno de 0,30m) ele estará deixando de extrair entre 15% e 75% do material comprado. A falta de fertilidade do solo, após extração do pacote argiloso, é considerado um problema do dono da terra e não do minerador (Figura 11).



Figura 11 – Jazida sem reposição do horizonte A após a extração de argila. **Foto:** do autor.

5 CONCLUSÃO

A preservação da camada fértil durante a operação de retirada da argila contribui para a qualidade do solo, facilitando o processo de recuperação do mesmo.

A avaliação do desenvolvimento inicial de espécies arbóreas visando à implantação da restauração ecológica das áreas de extração de argila no Norte Fluminense mostrou-se uma alternativa positiva, já que as espécies nativas se mostraram viáveis e os crescimentos das espécies testadas apresentaram valores compatíveis com os de outras áreas.

Apesar de previsto na Lei, não encontramos em nenhum dos pedidos de licenciamento feito à Secretaria Municipal de Meio Ambiente no ano de 2009, a exigência de regularização da área de Reserva Legal (RL) na Licença de Instalação fornecida pelo IBAMA.

O planejamento da distribuição e localização das áreas de RL tem que ser feitas com antecedência, pois, em propriedades muito pequenas, dependendo do tamanho e localização, pode ser que o bosque fique isolado, acabando por não trazer os benefícios esperados por criar apenas fragmentos de mata muito pequenos.

As espécies testadas se desenvolveram dentro das expectativas, sendo que as espécies *Schinus terebinthifolius* (Aroeira), *Croton urucurana* (Sangra d'água) e *Inga uruguensis* (Ingá do brejo) foram as que melhor se desenvolveram no ambiente degradado. As espécies *Psidium cattleianum* (Araçá coroa) e *Cecropia pachystachya* (Embaúba do brejo) foram as que se mostraram mais sensíveis às mudanças do terreno e do clima, apesar do crescimento expressivo da *Cecropia pachystachya*.

Chama à atenção a escassez de dados para espécies nativas na Baixada Campista, uma vez que, em nossas pesquisas encontramos poucos estudos nessa direção. Como recomendação para trabalhos futuros, salientamos a necessidade de testar as espécies mostradas na tabela 10 nesse ambiente como forma de se ter uma maior variedade na composição das florestas.

Tabela 10: Espécies higrófitas a serem testadas no ambiente de cava.

Nome Comum	Nome Científico	Grupo ecofisiológico
Cajá-mirim	<i>Spondias lútea</i>	S
Canafístula	<i>Peltophorum dubium</i>	P
Fruta-de-papagaio	<i>Maytenus sp.</i>	S
Guapuvuru	<i>Schizolobium perahyha</i>	P
Jenipapo	<i>Genipa americana</i>	S
Monjolo	<i>Piptadenia gonoacantha</i>	P
Pau-ferro	<i>Caesalpinia férrea</i>	S
Quixabeira	<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	C
Maricá	<i>Mimosa bimucronata</i>	P
Pitanga	<i>Eugenia uniflora L</i>	S
Jacarandá Bico de Pato	<i>Machaerium aculeatum</i>	C
Caju	<i>Anarcadium occidentale</i>	C
Caixeta	<i>Tabebuia cassinoides (Lam.) DC.</i>	P

P = pioneira; S =secundária; C = clímax.

As atividades de seleção e marcação de matrizes, coleta de sementes e criação de mudas não foram feitas durante esse trabalho, optando-se pela aquisição das mudas em viveiros existentes na região. Porém, essas atividades são imprescindíveis, sendo uma grande oportunidade de geração de renda para as comunidades rurais.

O envolvimento dos atores sociais, em especial, dos pequenos produtores rurais e assentados nas ações desenvolvidas em torno do projeto é um dos objetivos importantes a serem perseguidos, uma vez que essas atividades podem ser realizadas por trabalhadores de baixa escolaridade. Relacionamos abaixo as atividades onde é necessária a de mão de obra intensiva nas ações de revegetação:

- Seleção e marcação das matrizes e coleta de sementes;
- Criação de mudas em cativeiro;

- Instalação de cercas, para impedir o acesso de gado, bovino, eqüinos e outros animais à área a ser recuperada;
- Roçada dos capins e arbustos nas faixas de cultivo para o plantio;
- Coveamento, aplicação e incorporação de adubo orgânico, plantio das mudas florestais nativas e estaqueamento das mudas quando necessário;
- Coroamento (capina ao redor) das mudas no primeiro ano e sempre que necessário, a partir do segundo ano;
- Roçadas nas faixas de cultivo sempre que necessário, especialmente nos três primeiros anos;
- Replantio das mudas no início do segundo ano.

E, finalmente, consideramos que as ações de educação ambiental devem procurar contornar os maiores problemas na execução de projetos dessa natureza que são as dificuldades para mobilização das populações envolvidas por falhas de comunicação; os agricultores que são resistentes às mudanças; a falta de sementes e mudas adequadas; a ausência de mecanismos de monitoramento e a implantação de modelos inadequados à região

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D. L. et al. **Manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro**. Coleção Universidade Rural – Série Ciências Agrárias Nº 2. Seropédica: Editora Universidade Rural, 1988.

ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da mata atlântica** – Ilhéus: Editus, 2000.

AREVALO, L. A.; ALEGRE J. C.; VILCAHUAMAN, L. J. M. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10703**, Degradação do solo. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

BALIEIRO F. C., Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas in: TAVARES S. R. L. et al. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Capítulo VI - do meio ambiente.

_____. **Decreto Lei nº 4.771**. Institui o novo Código Florestal. Diário Oficial da União, Brasília, 1965.

_____. **Decreto Lei nº 6.938**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 1981.

_____. **Decreto Lei Nº 7.803**. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. Diário Oficial da União, Brasília, 1989.

_____. **Decreto Lei nº. 97.632/89**. Dispõe sobre a regulamentação do artigo 2º, Inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 1989.

_____. **Medida Provisória no 2.166-67**. Altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2001.

CAMARGO, A. O. et al. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do IAC**. Boletim Técnico 106. Campinas: IAC, 1986.

CAMPOS DOS GOYTACAZES, Prefeitura Municipal. **Campos dos Goytacazes: Perfil 2005**. Campos dos Goytacazes: Prefeitura Municipal de Campos dos Goytacazes, Instituto Superior de Ensino do CENSA, Campos dos Goytacazes: FUNDENOR, 2006.

CARPANEZZI, A. A. Fundamentos para a reabilitação de ecossistemas florestais. In: GALVÃO, A. P. M.; SILVA, V. P. **Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005.

CAVALLET, L. E.; PAULA, E. V.; **Estimativa de sequestro de carbono da biomassa aérea como indicador de sustentabilidade em decorrência da adequação da área de preservação permanente na sub-bacia do rio pequeno (Antonina – PR)** Disponível em https://www.fae.edu/.../pdf/IIseminario/pdf_indicadores/indicadores_03.pdf, data do último acesso: 10 de março de 2010.

CIDE - Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro. **Cobertura Vegetal. Percentual das áreas, por tipo de uso do solo, segundo os municípios - Estado do Rio de Janeiro – 1994**. Disponível em <http://www.cide.rj.gov.br>. Data do último acesso: 20 de janeiro de 2010.

_____. **Banco de Dados Municipais. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDH M – 2000**. Disponível em <http://www.cide.rj.gov.br>. Data do último acesso: 20 de janeiro de 2010.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 001**. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, 1986.

_____. **Resolução CONAMA nº 302**. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Diário Oficial da União, Brasília, 2002.

_____. **Resolução CONAMA nº 303**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Diário Oficial da União, Brasília, 2002.

_____. **Resolução CONAMA nº 369.** Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Diário Oficial da União, Brasília, 2006.

COSTA, A. N.; POLIVANOV, H.; ALVES, M. G. **Mapeamento geológico-geotécnico preliminar, utilizando geoprocessamento, no município de Campos dos Goytacazes, estado do Rio de Janeiro.** Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ Vol. 31 - 1 / 2008 p. 50-64. Rio de Janeiro: Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza - Instituto de Geociências. 2008.

COSTA, L.G.S.; PINA RODRIGUES, F.C.M.; JESUS, R.M. **Grupos ecológicos e a dispersão de sementes de espécies arbóreas em trecho da floresta tropical na reserva florestal de Linhares (ES).** São Paulo: Instituto Florestar, 4:303-305, 1992.

DECHEN, A. R., NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2007.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Portaria Nº 266/2008.** Regulamenta o regime de licenciamento no âmbito do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. Diário Oficial da União, Brasília, 2008.

DRM – Departamento de Recursos Minerais – RJ. **Instrução Técnica nº 1.831.** Dispõe de instruções para o Requerimento de Licenças para as Atividades de Extração Mineral. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 1992.

_____. **Portaria DRM - 008.** Dispõe sobre as normas e procedimentos para o registro das empresas que exercem atividades de exploração e aproveitamento de recursos minerais no Estado do Rio de Janeiro. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. 10/08/1994, Parte I.

ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais.** Botucatu: FEPAF, 1ª edição revisada, 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999.

_____. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999.

_____. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2ª ed. Brasília, 2006.

FERRAZ, R. P. D et al. Fundamentos de Morfologia, Pedologia, Física e Química do Solo de Interesse no Processo de Recuperação de Área Degradada. In: TAVARES, S. R. L. et al. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008.

GONÇALVES, J. L. M.; NOGUEIRA J. R; DUCATTI, L. R. F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 1ª edição revisada, 2008.

IAA/MIC. Instituto do Açúcar e do Alcool / Ministério da Indústria e Comércio. **Projeto de irrigação e drenagem da cana-de-açúcar na região Norte Fluminense**. Relatório técnico setorial. (Vários volumes). Rio de Janeiro: Ministério da Indústria e Comércio, 1983.

ICF International. **Protocolos para Medição e Geração de Dados relativos a Gases de Efeito Estufa (GEE)**. São Paulo: Aracruz Celulose, 2007.

IBGE -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeto RADAMBRASIL **Levantamento de recursos naturais**, Folhas SE 24 – Rio Doce. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 1987.

_____. **Contagem da População 2007**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>, data de acesso: 23 de janeiro de 2010.

_____. Manuais técnico de Pedologia. In: **Manuais Técnicos em Geociências**, número 4, 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. Disponível em: <http://www.Inea.rj.gov.br>, data de acesso: 02 de fevereiro de 2009.

KAGEYAMA, P. Y. et al. **Restauração da mata ciliar: manual para recuperação de áreas ciliares e microbacias**. Rio de Janeiro: Semads, 2001.

KAGEYAMA, P. Y., GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares, In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP - FAPESP, 2001.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Resultados do programa de restauração com espécies arbóreas nativas no convenio ESALQ/USP e CESP. In: GALVÃO, A. P. M.; SILVA, V. P. **Restauração Florestal: fundamentos e estudos de caso**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; OLIVEIRA, R. E. Biodiversidade e restauração da floresta tropical. In: _____. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 1ª edição revisada, 2008.

KURZATKOWSKI, D. **Potencial do seqüestro de carbono nos sistemas agroflorestais: análise dos quatro sistemas implantados no município de Pium – TO**. Revista Carbono Social. - Vol. 1, n. 04 (out./dez.2007) - Palmas: Instituto Ecológica, 2007.

LAMEGO, A. R. **O Homem e o Brejo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Serviço Gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1945.

LIMA FILHO, M.; OLIVEIRA, V. P. S. **Projeto de revegetação de área degradada à margem do rio Paraíba do Sul**. Campos dos Goytacazes: UPEA/CEFET Campos, 2007.

MACEDO, A. C. **Revegetação: matas ciliares e de proteção ambiental**. São Paulo: Fundação Florestal, 1993.

_____. **Produção de Mudas em viveiros florestais: espécies nativas**. São Paulo: Fundação Florestal, 1993.

MARZALL, K. Agrobiodiversidade e resiliência de agroecossistemas: bases para segurança ambiental. In: **Resumos do II Congresso Brasileiro de Agroecologia**, 1 Rev. Bras. Agroecologia, v.2, n.1, fev. 2007.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N. **Indicadores de qualidade do solo**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v29, n 244, p. 17-29, maio/jun. 2008.

MEURER, E.J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2007.

MINTER/IBAMA. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília: IBAMA, 1990.

MIRANDA, E. E. **Florestas sustentáveis**. Carta Capital na Escola, v. 24, p. 50-51, 2008.

NOVAIS, R. F. et al. Relação solo-planta. In: _____. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2007.

OLIVEIRA, V. P. S. **Avaliação do sistema de irrigação por sulco da fazenda do Alto em Campos dos Goytacazes, RJ**. Dissertação (Mestrado em produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 1996.

PETROBRÁS. **Bacia de Campos - A maior reserva de petróleo do Brasil**. Disponível em: http://www2.petrobras.com.br/Petrobras/portugues/plataforma/pla_bacia_campos.htm. Data do último acesso: 27 de outubro de 2008.

PINHEIRO, L. B. A., PONS, N. A. D - **Informe agropecuário**, v29, n 244. p. 66-74. 2008.

PIOLLI, A. L.; CELESTINI, R. M.; MAGON R. **Teoria e prática em recuperação de áreas degradadas: plantando a semente de um mundo melhor**. Serra Negra: Planeta Água – Associação de Defesa do Meio Ambiente, 2004.

RAMOS, I. S. **Delimitação, caracterização e cubagem da região de exploração de argila no Município de Campos dos Goytacazes**. Dissertação (Mestrado em ciências de Engenharia) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 2000.

RIO DE JANEIRO. **IT-1831.R-3** – Instrução Técnica para Requerimento de Licenças para Atividades de Extração Mineral. Rio de Janeiro: Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro. 1992.

_____. **IT-1837.R-0** – Instrução Técnica para Elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) das Atividades de Extração Mineral enquadradas na Categoria 2. Rio de Janeiro: Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro. [s. d.].

_____. **IT-1838.R-0** – Instrução Técnica para elaboração do Plano de Controle Ambiental (PCA) para as Atividades de Extração Mineral. Rio de Janeiro: Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro. [s. d.]

_____. **Diretriz para o licenciamento de atividades de extração mineral DZ-1836.R-2.** de 29 de março de 1994. Rio de Janeiro: Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, 1994.

RIOTUR - Empresa de Turismo do Município do Rio de Janeiro S.A. Disponível em <http://www.rio.rj.gov.br/riotur/pt/atracao/?CodAtr=1516>, data do último acesso em 02 de março de 2010.

SILVA, C.F. **Atributos químicos e biológicos do solo em cavas de extração de argila revegetadas com eucalipto e leguminosas.** Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2009.

SILVA, W. R. A importância das interações planta-animal nos processos de restauração. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais.** Botucatu: FEPAF, 1ª edição revisada, 2008.

SIPRJ - Sistema de Informação Pluviométrica do Rio de Janeiro. Disponível em [http://www.cbmerj.rj.gov.br/simerj/clima_estatistica/menu_estatisticas .htm](http://www.cbmerj.rj.gov.br/simerj/clima_estatistica/menu_estatisticas.htm), data do último acesso: 02 de fevereiro de 2010.

SOFFIATI, A. A História Ambiental de um Campo Nativo de Planície. In: **III Encontro da ANPPAS**, Brasília, DF: 23 a 26 de maio de 2006.

SOUSA, D. M. G. S. et al. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2007.

SUCHAROV, E.C.; et al. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, Vol.19, 157-168, Rio de Janeiro: UFRJ, 1996.

TAVARES, S. R. L. Áreas Degradadas: Conceitos e Caracterização do Problema. In: _____. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008.

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

_____. **Atributos químicos do solo, estado nutricional e desenvolvimento radicular do coqueiro anão verde cultivado em duas classes de solos sob diferentes níveis de compactação e umidade.** Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 2008.