

Sistemas Agroflorestais e Reflorestamento para Captura de Carbono e Geração de Renda ¹

P. H. May², C. B. Bohrer³, K. Tanizaki⁴, J. C. L. Dubois⁵, M. P. M. Landi⁶,
S. Campagnani⁷, S. N. Oliveira Neto⁸, e V. G. da Vinha⁹

Resumo – Realizou-se um estudo de viabilidade da implantação de Sistemas Agroflorestais (SAFs) na área de influência da UTE Eletrobolt, no município de Seropédica (RJ), com o objetivo de promover a fixação de carbono e melhorar a renda de agricultores familiares assentados. A equipe diagnosticou as condições sócio-econômicas dos produtores rurais, no contexto municipal e no cenário de desmatamento da Mata Atlântica, identificando a disposição e capacidade organizacional deste segmento em se envolver em projetos de reflorestamento e de SAFs, além de locais preferenciais para estabelecer tais plantios. Foram identificados 11,5 mil ha de áreas com potencial para SAFs, divididas em três classes de aptidão. Avaliou-se a estocagem de carbono em um reflorestamento de 2,5 anos na propriedade da UTE e em SAF de agricultor familiar. No reflorestamento, as 34 espécies nativas plantadas exibem fixação estimada entre 0,9 e 3,4 t C/ha/ano. Nas 80 árvores de SAF, mediu-se um estoque acumulado de 7,5 t C/ha. Estratégias para alcançar um incremento, tanto no carbono fixado quanto na renda familiar gerada, levaram à definição de um modelo de SAF, cuja análise financeira indica um retorno (TIR) incremental potencial de 18,4% ao ano. A inclusão no modelo do valor médio praticado no mercado de carbono teve pouco impacto sobre os retornos auferidos, sugerindo que a implantação de SAFs contribuiria, principalmente, para a melhoria de renda e serviços ecossistêmicos locais, no contexto atual do mercado global de carbono.

Palavras-chave — assentamentos rurais, fixação de carbono, uso do solo, reflorestamento, sistemas agroflorestais, viabilidade financeira.

I. Introdução

Este trabalho relata os resultados de uma pesquisa interdisciplinar sobre o potencial do mercado de carbono em contribuir para o desenvolvimento rural sustentável em áreas de pequena produção agrícola da Mata Atlântica brasileira, através do reflorestamento em Sistemas Agroflorestais (SAFs) visando a recuperação de áreas degradadas. O trabalho

ênfata o potencial dos SAFs em equilibrar o objetivo de otimizar a manutenção de estoques de carbono nos usos do solo terrestres, ao mesmo tempo que contribui para elevar a renda de agricultores familiares assentados. Cabe apontar a indefinição na regulamentação do mercado do carbono neste período, ao longo do qual também entrou em vigor o Protocolo de Quioto e o Mecanismo do Desenvolvimento Limpo (MDL), o que implica em incertezas aos projetos.

O trabalho é dividido em cinco linhas principais: i) caracterização sócio-econômica do raio de influência com ênfase nos assentamentos rurais inseridos nesse contexto; ii) avaliação da aptidão das terras na área de influência da usina, alvo de intervenção; iii) estimativa do estoque de carbono em reflorestamentos e SAFs recentes; iv) análise das condições da linha de base e do potencial de fixação de carbono nos SAFs propostos; e v) análise da viabilidade financeira e institucional da implantação de SAFs atrelado ao mercado de carbono, apontando a necessidade de investimento em monitoramento e validação dos resultados, assim como em pesquisa e capacitação. Os métodos utilizados em cada componente da pesquisa estão detalhados na seção correspondente.

O projeto construiu uma base digital através do geoprocessamento, visando avaliar a aptidão dos solos, do relevo, drenagem e o padrão atual de uso do solo e cobertura vegetal. Os estudos de diagnóstico também incluíram a análise de condições sócio-econômicas da região enfocada, com particular ênfase no município de Seropédica, onde se localiza a UTE Eletrobolt.

Pelo geoprocessamento, foram identificadas áreas potenciais para SAFs, em terrenos atualmente ocupados por pastos e culturas anuais, divididas em três classes de aptidão. Parte dessas áreas ocorre em projetos de assentamento agrícola do INCRA e do ITERJ, constituídos de lotes de pequeno porte, cujos proprietários desenvolvem atividades de hortifruticultura e criação de bovinos e pequenos animais em tempo parcial, enquanto se dedicam a empregos urbanos, na construção civil ou em outro ramo. Foi realizado um diagnóstico participativo (DRP) com assentados residentes nessas áreas, procurando avaliar o potencial para implementar ações de reflorestamento e SAFs no seu sistema de produção e a disponibilidade de recursos, bem como a perspectiva de estabelecer parceria com a empresa para a realização dessas ações.

O projeto ainda avaliou os resultados em termos de crescimento, biomassa e densidade de carbono em espécies utilizadas num reflorestamento de mata ciliar realizado pela empresa contratante como parte das suas responsabilidades perante o órgão de licenciamento ambiental. Diversas espécies nativas da Mata Atlântica foram plantadas, e forneceram informações sobre o potencial do reflorestamento para fixação de carbono.

Finalmente, com base em experiências de reflorestamento e SAFs na região e análise do potencial para fixação de carbono em espécies florestais, definiu-se um modelo hipotético de reflorestamento de matas ciliares, integrando árvores de uso econômico em áreas mais distantes dos cursos d'água, visando enquadrar o modelo no Código Florestal. Os custos de implantação, manutenção periódica e os retornos potenciais foram calculados ao longo de um horizonte de 21 anos, adotado como padrão pelo MDL para projetos florestais. A análise financeira incorporou ainda os custos associados com o monitoramento e validação do crescimento da biomassa e a densidade específica, em distintos componentes do agroecossistema. O valor de créditos de carbono foi estimado com base na relação de preços constante no *Chicago Climate Exchange* (CCE) e no *European Union Greenhouse Gas Emissions Trading Scheme* (ECX).

II. Vantagens e desvantagens dos SAFs para fixação de carbono e renda familiar

A. Créditos de carbono oriundos de reflorestamento

É notório que a regeneração das florestas e os reflorestamentos são capazes de reduzir a concentração de gás carbônico na atmosfera, simultaneamente ao restabelecimento de diversos serviços de suma importância para a sociedade (Houghton, 1995; Nair, 1998). Dentre esses serviços, podemos citar a manutenção de mananciais hídricos, a manutenção da estrutura e fertilidade do solo, a conservação da biodiversidade, o fornecimento de diversos produtos florestais tais como madeira, temperos, fitoterápicos. Além destes benefícios, os SAFs proporcionam produtos alimentares que podem ser comercializados pelos produtores, garantindo-lhes uma renda adicional para a sustentabilidade financeira.

O Protocolo de Quioto, instrumento de implementação da Convenção sobre Mudanças Climáticas, prevê a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) por parte dos países desenvolvidos (chamados de “países Anexo I”), historicamente responsáveis pelo acúmulo destes gases na atmosfera, para um patamar em média 5,2% menor do que o existente em 1990. Pelo acordo, os países em desenvolvimento foram isentados de limitar suas emissões, caracterizado como “responsabilidade compartilhada, porém diferenciada”.

Para flexibilizar os compromissos de redução de emissões acordados pelos países do Anexo I, o acordo estabelece no seu Artigo 12 uma maneira pela qual os países em desenvolvimento possam contribuir aos esforços internacionais de redução de emissões de GEE, conhecido como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Pelo MDL, projetos realizados em países “não-Anexo I” podem ser contabilizados como contribuições às reduções

de emissões, porém devem também contribuir com os processos de desenvolvimento sustentável nos países receptores. O protocolo entrou em vigor em fevereiro de 2005.

Entre as estratégias do MDL inclui-se o fomento à regeneração das florestas e a implantação de florestas permanentes como sumidouros de carbono. Os créditos de carbono gerados por tais atividades devem basear-se no valor líquido das emissões de gases de efeito estufa (derivado da diferença entre cenários “com” e “sem” projeto), por absorção de carbono em florestas ou outros usos do solo que propiciem a captura permanente de carbono em componentes do ecossistema. Assim, a análise da viabilidade de investimento em projetos florestais nos termos do MDL deve incorporar estudo sobre usos do solo, atuais e previstos, e a “adicionalidade” das atividades propostas, mostrando que estes não teriam ocorridos na ausência do projeto. Além disso, a realização de tais atividades não deve resultar em “vazamento”, ou seja, não deve deslocar atividades produtivas de um local para outro onde possam causar emissões de teor semelhante ao previsto na situação “sem” projeto.

Estoques de carbono armazenados, em volume adicional à situação “*business as usual*”, poderiam ser comercializados no emergente mercado global de créditos certificados de redução de emissões (CERs), podendo ser adquiridos por empresas ou governos para ajudar no cumprimento de suas cotas de reduções ou trocados por direitos a emissões. Para tanto, o estoque de carbono existente na área anterior ao projeto deve ser bem documentado, numa metodologia aceita pelo Executive Board do MDL, e o processo de fixação de carbono adicional monitorado e certificado por entidade independente, credenciada para tanto. Metodologias para estabelecimento da base de dados e para a validação e certificação da fixação de carbono em projetos florestais de pequeno porte, voltados a produtores rurais, estão sendo discutidas (MDL Executive Board, s.d.).

A grande maioria dos créditos de carbono em negociação através do MDL é oriunda de emissões evitadas, e foram obtidos pela substituição de combustíveis fósseis por combustíveis mais limpos (biodiesel, álcool, biomassa vegetal, etc.) ou pela conversão de metano em gás carbônico, tendo como fundamento a menor ação aquecedora atmosférica do CO₂ em relação à do metano. Até o momento, a ênfase no mercado de carbono de projetos relacionados à transformação da matriz energética, e não na fixação de carbono, está condicionada às elevadas incertezas que envolvem projetos de reflorestamento. As perdas podem alcançar 20% ou mais devido ao risco de incêndio, praga ou enfermidade; os custos de implantação são elevados em relação ao volume de carbono atingido; e a incorporação de carbono é lenta (entre 2 e 5 t C/ha ano). O preço relativamente baixo no mercado global para os CERs (entre US\$ 7 no *Chicago Climate Exchange* e \$100/t C no *European Union Emissions Trading*

Scheme) e um elevado custo de certificação e transações, tem inviabilizado a compensação dos produtores pelo esforço empregado nos projetos.

Via de regra, conclui-se que os projetos florestais não podem depender do mercado de carbono como fonte principal de financiamento. Os sistemas florestais e agroflorestais de produção devem gerar renda suficiente para se tornarem economicamente viáveis, servindo a renda adicional do carbono apenas como um incentivo a mais para manter os reflorestamentos no longo prazo.

B. Funcionalidade de Sistemas Agroflorestais

Sistemas Agroflorestais (SAFs) são definidos como “*formas de uso e de manejo da terra nas quais árvores ou arbustos são utilizados em associação com cultivos agrícolas e/ou com animais, numa mesma área, de maneira simultânea ou numa seqüência temporal*” (Dubois, et al., 1996). A introdução de SAFs em agroecossistemas contempla tanto as variáveis sócio-econômicas quanto a ambiental, visando a sustentabilidade do sistema produtivo e da família rural. Os componentes arbóreos dos SAFs promovem estabilidade e diversidade às fontes de renda, assegurando, ao mesmo tempo, as funções ambientais que permitem a manutenção da fertilidade (proteção contra erosão por chuva ou vento) e o incremento nas características produtivas do solo, fornecendo matéria orgânica que reduz a compactação, aumenta a disponibilidade de nutrientes às plantas cultivadas, e conserva a umidade. Além dessas funções produtivas, a cobertura arbórea ajuda na conservação da biodiversidade, particularmente quando as árvores selecionadas são frutíferas que atraem pássaros (que ajudam na regeneração florestal ao dispersar sementes), permitindo a recuperação da paisagem em corredores ecológicos.¹⁰

Com respeito à fixação de carbono, quando comparados aos sistemas de produção anual ou de pastagens, os SAFs garantem tanto um volume maior de carbono fixado em determinado período, quanto a permanência destes estoques por prazo superior à maioria das práticas florestais comerciais conduzidas na forma de monocultivos, que visam corte após atingir o crescimento máximo de biomassa, ou seja o corte raso de povoamentos com menos de 21 anos.

As desvantagens dos SAFs envolvem aspectos institucionais e biofísicos. Para a constituição do sistema, enquanto este não está gerando renda, o produtor enfrenta um período de espera que pode ser incompatível com as necessidades de reprodução da família. Este pode ser superado com o consórcio de culturas anuais com as de ciclo mais longo tais como bananeiras e mamoeiros, tendo retornos mais imediatos. Além disso, os instrumentos de

crédito voltados mais especificamente para florestas plantadas (a exemplo da linha PRONAF-Florestal) oferecem um período de carência ao repago que permite o dispêndio nos recursos iniciais e na manutenção, enquanto o repago só deve começar após a maturação dos produtos florestais previstos. O risco de incorrer em inadimplência devido ao atraso no cronograma produtivo, ou à perda dos componentes florestais devido ao fogo, pragas ou doenças faz com que poucos agentes bancários sejam motivados a oferecer carteiras de crédito nesta linha. Outra desvantagem percebida por muitos produtores é a competição exercida pelas espécies arbóreas sobre as culturas agrícolas ou as pastagens. Embora a produtividade de cultivos e animais – com frequência – seja pouco afetada, e registram-se evidências de melhorias em qualidade com o sombreamento (café sombreado, abacaxi, cacau, gado leiteiro, etc.), esta percepção é de difícil superação.

C. Restrições para reflorestamento em matas ciliares

Finalmente, para os propósitos específicos do projeto em questão, existem dúvidas sobre a legalidade, no contexto do Código Florestal brasileiro, de introduzir SAFs visando recuperar matas ciliares e outras Áreas de Proteção Permanente (APP), assim como restaurar a vegetação natural em Reservas Legais (20% da propriedade no bioma da Mata Atlântica, ambos regidos pela M.P. 2166-67 de 2001). A situação normativa atual aponta a necessidade de manter matas ciliares de no mínimo 30 m em cada margem dos cursos de água, mas este é raramente observado na prática. Os critérios para a recuperação de tais áreas indicam a necessidade de utilizar uma grande diversidade de espécies, e de não aproveitar as árvores plantadas, para fins econômicos. Além da competição com atividades agrícolas, turísticas e residenciais que utilizam as terras ribeirinhas, a restrição contra o reflorestamento econômico termina sendo mais um fator que limita os esforços de restauração desses corredores.

Com base no fato de que a prática atual é inconsistente com os objetivos do próprio Código Florestal, uma interpretação jurídica recente relativa à aplicação de projetos florestais do MDL em áreas de APP ou RL defende a adicionalidade dessas atividades, sendo necessário unicamente comprovar um incremento em biomassa oriundo das práticas estabelecidas. O Protocolo de Quioto se refere às práticas correntes, e não às demandas de restauração da lei vigente: “*O reflorestamento ativo e controlado das APP e RL representa uma ação adicional quando comparado ao business as usual (cenário de referência) do Brasil marcado por contínuos desmatamentos, o qual viabiliza a inclusão de atividades do MDL.*” (Manfrinato, 2005)

A outra questão pertinente referente às matas ciliares diz respeito ao uso dos recursos florestais uma vez recuperados nesses ambientes. Em princípio, o Código Florestal veta a retirada de produtos de APPs, embora no seu estabelecimento seja permitida a implantação de culturas de curta duração, enquanto não atinge um estágio avançado de recuperação da vegetação restaurada.¹¹ Considera-se que a implantação em matas ciliares, de espécies frutíferas e de árvores matrizes produzindo sementes comercializáveis pode ser acompanhada de práticas de manejo sustentável para retirar produtos não madeireiros, como forma de justificar e viabilizar a sua permanência.

D. Recomposição de matas ciliares

Na elaboração de um projeto de recuperação de mata ciliar, a menor unidade de planejamento a ser adotada é a microbacia hidrográfica. Neste nível, é possível identificar a extensão das áreas que são inundadas periodicamente pelo regime de cheias dos rios e a duração do período de inundação. Essas informações são extremamente importantes na seleção das espécies a serem plantadas, já que muitas espécies não se adaptam a condições de solo encharcado, ao passo que outras só sobrevivem nestas condições.

As matas ciliares apresentam uma heterogeneidade florística elevada por ocuparem diferentes ambientes ao longo das margens dos rios. A grande variação de fatores ecológicos nas margens dos cursos de água resulta em uma vegetação arbustivo-arbórea adaptada a tais variações. Recomenda-se adotar os seguintes critérios na seleção de espécies para recuperação de matas ciliares:

- Plantar espécies atrativas à avifauna, visando favorecer uma biodiversificação espontânea da área restaurada;
- Dar prioridade a espécies nativas que possam gerar produtos de autoconsumo e/ou geração de renda para o produtor (espécies nativas melíferas; as frutíferas; espécies que oferecem boas perspectivas de comercialização de sementes para projetos de reflorestamento ou de desenvolvimento agroflorestal);
- De forma prioritária, plantar espécies nativas com ocorrência em matas ciliares da região-alvo, e em função das condições locais de solo e de clima;
- Utilizar combinações de espécies pioneiras de rápido crescimento junto com espécies não pioneiras;
- Plantar o maior número possível de espécies para gerar alto grau de diversidade desde o início.

Na fase inicial dos processos de restauração, o plantio com um número relativamente mais limitado de espécies nativas deve ser permitido, devido à inexistência em viveiros locais de grande variedade de espécies, apesar do dispositivo legal que contraria esta estratégia.

III. Características sócio-ambientais da área de influência da UTE Eletrobolt

E. A. Desmatamento e reflorestamento na Mata Atlântica

1) Entre os fatores associados com mudanças no uso do solo e nas florestas, o desmatamento é a principal fonte de emissão de gases de efeito estufa no Brasil (Brasil, 2002). A maior parte do desmatamento é causada pela expansão da fronteira agrícola, principalmente na região amazônica (59% das emissões líquidas de mudanças nos usos do solo terrestres), embora seja difícil medir de modo confiável as emissões resultantes da derrubada e queima de biomassa nas florestas tropicais. Áreas já desmatadas são encontradas em 93% do bioma da Mata Atlântica (SOS Mata Atlântica, 2004). Entre os usos do solo existentes que mais resultam em emissões de GEE, sobressaem o pastoreio de gado (devido tanto à emissão líquida do pasto, geralmente sujeito à queima, quanto de metano emitido pelo próprio gado) e o cultivo contínuo.

2) Devido aos processos de desmatamento ainda em curso na Mata Atlântica, apesar da proibição de corte, o inventário nacional de emissões por desmatamento e regeneração florestal indica que o bioma ainda constituía uma fonte de emissão importante de CO₂, ao todo 4.600 km² foram desmatados, enquanto somente 2.000 km² regeneraram entre 1988 e 1994, com emissões líquidas estimadas em 41,3 TgCO₂/ano. Pela mesma fonte, o reflorestamento de eucalipto e pinho no mesmo período situou-se em torno de 28,5 km², em áreas voltadas para as indústrias de papel, celulose e siderurgia situados também principalmente no bioma da Mata Atlântica, implicando em remoções líquidas de 11 TgCO₂/ano (Brasil, 2002). Assim, o reflorestamento industrial pode ser um fator que amenize parcialmente o impacto do desmatamento sobre as emissões líquidas dos GEE, apesar de limitado em termos da diversidade de espécies utilizadas e seus efeitos sobre a sustentabilidade local (May et al., 2005).

Na área de influência da UTE Eletrobolt especificamente, a análise da base de dados em SIG evidencia um processo de urbanização de áreas previamente desmatadas, devido à proximidade da área metropolitana do Grande Rio de Janeiro, e pouca regeneração de áreas degradadas.

B. Características sócio-econômicas de Seropédica

O município de Seropédica é um dos 19 municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ).¹² Criado em 1997 a partir do desmembramento do município de Itaguaí, começou como um horto florestal, vinculado à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), instalada no local desde 1948.

A área do município (268,2 km²) é uma das menores da RMRJ, ocupando apenas 5,7% deste total. O que explica, em grande medida, ainda estar fortemente associado à UFRRJ, sendo encarado como uma extensão deste campus. Os estabelecimentos agropecuários ocupam cerca de 8.800 há, que corresponde a, aproximadamente, um terço da área total do município. Seropédica é atendida pela rodovia Presidente Dutra, atravessando-o de leste a oeste, e pela BR-465, antigo traçado da Rio-São Paulo. A rodovia estadual 109 o liga a Itaguaí, ao sul, e a RJ- 125, ao norte. E o ramal ferroviário Japeri-Mangaratiba atravessa sua área.

De acordo com o censo de 2000, a população era de 65.260 habitantes, correspondendo a 0,6% da população total da RMRJ, e 0,45% da população do Estado. A taxa média de crescimento populacional anual no período 1991-2000 foi de 2,96%, bem acima da média da região (1,17%) e mais do dobro da do Estado (que foi de 1,30%), com reflexos na taxa de urbanização que cresceu 5,17%: de 75,62% em 1991 para 79,52% em 2000 (IBGE, 2001).

Este crescimento, contudo, não alterou o perfil demográfico do município, que apresenta uma baixa densidade quando comparado com a média da RMRJ, região mais densamente povoada do Estado (255 hab/km² contra 2.380 hab/km²). O fenômeno da conurbação característico desta região, não é visível no território de Seropédica, cuja ocupação humana é bastante rarefeita.

Em virtude de ser um município novo, com poucos habitantes e uma população ainda jovem (do 0 aos 19 anos representa mais de metade da população total, superando a média da RMRJ e do próprio Estado), os indicadores sociais de Seropédica diferem dos apresentados pelos demais municípios da RMRJ, sobretudo porque apresentam uma evolução positiva. O índice de analfabetismo, por exemplo, baixou em pelo menos 35% em todas as faixas etárias desde a sua fundação, e foi o único município da região que declarou não existirem favelas no seu território (Ibid., 2001).

A dimensão que mais contribuiu para este crescimento foi a Educação, com 45,1%, seguida pela Renda, com 34,3% e pela Longevidade, com 20,7%. Houve aumento significativo da renda per capita média no período de 1991-2000 (55%), e queda da pobreza¹³

(diminuiu 23,25% no mesmo período). Como resultado, o Índice de Desenvolvimento Humano municipal (IDH) cresceu 10,32% em 2000, atingindo a marca de 0,759.

Apesar em alguns indicadores, Seropédica se situa no segmento de municípios pobres do Rio de Janeiro¹⁴. No ranking dos municípios do Estado, sua situação é intermediária: ocupa a 47ª posição, sendo 50,5% estão em situação melhor e 49,5% em situação pior ou igual, com o agravante de que a desigualdade, medida pelo Índice de Gini, cresceu no período de 1991 a 2000, passando de 0,50 para 0,57. (PNUD, 2000)

O IQM Verde da Fundação CIDE/RJ (2003) registrou, em 2001, redução da vegetação secundária e de pastagem paralelamente ao aumento da área urbana e da área agrícola, que cresceu de 2,8%, em 1994, para 8,0%. Mas este crescimento não representou um aumento absoluto na produção agrícola local porque cerca de 80% da área em estabelecimentos agropecuários é ocupada pela pequena produção de baixa renda. Com efeito, 31,9% dos estabelecimentos rurais do município possuíam uma área de até 5 hectares, e 48,7%, entre 05 e 20 hectares; a renda bruta média da produção agropecuária em unidades familiares situou-se em R\$ 6.131 à época do Censo Agropecuário de 1995/96 (INCRA, s.d.).

G. Diagnóstico Participativo em Assentamentos Rurais

Produtores rurais do Município de Seropédica foram entrevistados em profundidade durante sucessivas campanhas de Diagnóstico Rápido Participativo (DRP), destinadas a caracterizar as atividades agrícolas atuais e a disponibilidade de recursos, e verificar o interesse em participar das atividades de reflorestamento previstas pelo projeto. Foram incluídos nos diagnósticos principalmente moradores e lideranças de assentamentos rurais em áreas de influência da usina Eletrobr. A localização das propriedades visitadas foi registrada em GPS e está incorporada na base de dados do projeto.

Neste diagnóstico, foram levantadas informações a respeito dos sistemas atuais de uso da terra, limitações, política agrícola, relacionamentos institucionais, SAFs já implantados e potencial de aprimoramento. Além disso, foram obtidas informações quanto à extensão da área, características de solos, sistema fundiário e variáveis socioeconômicas dos locais com potencial para implantação de SAFs. As alternativas para a solução dos problemas foram discutidas, com destaque para as práticas agroflorestais mais promissoras do ponto de vista social, econômico e ambiental. Em seguida, resumimos os resultados dos diagnósticos e suas implicações para o desenho do projeto.

O bairro Coletivo, que margeia o terreno da UTE, constitui parte de um dos primeiros assentamentos rurais no Brasil, ocupado pela produção intensiva de hortaliças e alguns

animais, desde o início dos anos 70. Apesar disso, os produtores não se organizaram de forma associativa ou cooperativa e o bairro não possui cobertura dos Correios, Telefonia ou Ensino Médio. A maioria dos sitiantes originais vendeu suas terras, e hoje estas se encontram concentradas nas mãos de criadores de gado. Atualmente, muitos dos sitiantes trabalham como meeiros em outro município, recebendo em troca 40% da produção. As alternativas de emprego para a população local são as empresas PANCO, Ideal Standard, Olaria, e a Prefeitura de Seropédica.

No bairro Coletivo os principais produtos agrícolas comerciais são: mandioca, quiabo e milho. Estes produtos são vendidos a camelôs locais, na feira de Mesquita, na Baixada Fluminense, e para intermediários que vendem no Ceasa RJ. O cultivo do solo é marcado por intervalos de seis meses de descanso, no máximo, sem uso de culturas de cobertura. Há pouco ou nenhuma utilização de fertilizantes ou adubos. Na cultura do quiabo se faz uso abusivo de agrotóxicos.

Foram realizadas visitas às propriedades de dois sitiantes: Sr. Argemiro e da Sra. Otacília, que demonstraram interesse na recomposição da mata ciliar das suas propriedades e áreas vizinhas. O Sr. Argemiro acredita que os vizinhos (em particular o Sr. Manoel) também estariam interessados na recomposição da mata ciliar que margeia o Rio Guandu, onde cerca de 10 propriedades contíguas margeiam o rio.

Um dos principais fatores limitantes é a falta de titulação definitiva dos sitiantes pelo INCRA, devido à desapropriação incompleta, inviabilizando obtenção de crédito. Conforme mencionado acima, pode também ser empecilho à concessão de créditos de carbono, necessitando anuência contratual pelo INCRA.

O Assentamento do INCRA está localizado no que era antigamente uma Granja do Serviço de Alimentação e Previdência Social do Ministério do Trabalho e Comércio (SAPS), que servia à cidade, se estendendo por cerca de um quilômetro ao longo da Estrada Rio-São Paulo.

Há cerca de quarenta anos o INCRA desapropriou o terreno da Granja e o dividiu em lotes de 2 a 2,5 hectares, totalizando 122 lotes. Antigamente, os produtores contavam com uma associação que, no entanto, nunca chegou a exercer um papel significativo e foi desativada. A maioria dos assentados vê a produção agrícola como desmotivadora e sem perspectivas.

No assentamento são produzidos principalmente: aipim, quiabo, batata doce, alface, cebolinha, mostarda e chicória. O vento, vindo do Norte, é um dos fatores que limitam a produção agrícola. A implantação de quebra ventos nas propriedades pode minimizar esta

limitação. A maioria dos produtos é vendida para intermediários que escoam a produção para o Ceasa. Em geral, os insumos agrícolas são também obtidos do Ceasa. Embora exista uma cooperativa de venda de produtos, não há uma de compra de insumos, o que onera significativamente a produção. Por exemplo, na produção das hortaliças, se utiliza esterco de galinha oriundo das granjas RICA, de Paulo de Frontim, comprado por R\$ 95 a tonelada mais custos de transporte (caminhão alugado).

No assentamento, foram identificadas áreas com potencial para recomposição da mata ciliar nas propriedades que margeiam o Rio Guandu.

O assentamento Sol da Manhã foi o segundo a ser ocupado pelo movimento do MST no Rio de Janeiro. Depois de 30 anos de convivência com a insegurança e a possibilidade de serem removidas das terras que cultivam, finalmente, no ano de 2000, a maioria das famílias de trabalhadores rurais do assentamento tiveram suas posses legalizadas. As terras dos assentados foram legalizadas pelo Instituto de Terras e Cartografia do Estado do Rio de Janeiro (ITERJ), com apoio da Defensoria Pública Geral do Estado. Antigo areal, o que hoje são as casas e instalações dos agricultores eram imensos tanques de areia. O antigo dono explorava os recursos naturais de que o terreno dispunha e os vendia para as construtoras da cidade do Rio de Janeiro. A ocupação foi feita com o objetivo de conter o desmatamento e preservar a fazenda.

O assentamento rural Sol da Manhã registra a presença de aproximadamente 87 famílias. Os assentados contam com uma associação de produtores rurais. A associação, no entanto, atua de forma desorganizada havendo pouca união entre os assentados. Nos últimos anos, alguns dos assentados venderam suas terras por falta de perspectivas.

As culturas mais plantadas no assentamento são o aipim e o quiabo. Em menor escala, são cultivados milho, feijão-de-corda, banana, coco-verde e maracujá. Apenas dois produtores produzem goiaba em pequena quantidade sem qualquer tipo de controle, cujos frutos são de baixa qualidade. No assentamento foram desenvolvidos diversos projetos com o intuito de melhorar as condições de vida dos assentados. Entre os principais projetos estão: a) o projeto de sementes agroecológicas do MST que consistia no melhoramento da variedade de Milho Sol da Manha no assentamento. Este projeto teve como finalidade tornar a produção no assentamento independente das grandes empresas de sementes a partir do uso de sementes próprias oriundas de sistemas de produção agroecológicas; b) Projeto Procera, criado pelo INCRA com assistência técnica da Emater. Neste projeto os assentados tiveram acesso a empréstimos com juros baixos do Banco do Brasil para financiar a produção de coco verde,

verduras e hortaliças; c) o IDACO, Instituto de Desenvolvimento e Ação Comunitária vem desenvolvendo um projeto de criação de galinha caipira com os produtores interessados.

A ocupação das terras pelo assentamento Mutirão Eldorado, formado em 1992, foi marcada por violência. Este território, embora desapropriado por decreto presidencial, não havia sido destinado ao assentamento de reforma agrária e encontrava-se, à época, sob grilagem, ocupada com pecuária extensiva.

Em 2001, Eldorado era formado por 68 famílias com uma média de 5 pessoas por família, dos quais 210 residentes em Eldorado. Dos que não residem no assentamento, a maioria mora no município ou áreas próximas, mas freqüentam o assentamento nos finais de semana e costumam ajudar na produção. Tanto os homens, quanto as mulheres e os jovens solteiros (filhos, sobrinhos, netos), atuam na produção, mas conjugam o trabalho no lote com rendas externas, principalmente os filhos. Já na produção de pequenos animais a atuação de mulheres e jovens é mais presente.

Os primeiros anos de consolidação da produção agrícola foram marcados por uma alta produção de quiabo, maxixe, e mandioca (prêmio de “a maior safra” dentre os pequenos produtores do CEASA-1993/94). No entanto, dificuldades como a falta de água, saneamento básico, estradas mal conservadas, falta de posto de saúde, escola, transporte, etc., e o desgaste do uso continuado da terra, agravado pela falta de assistência técnica, resultaram num quadro de crescente perda e diminuição de produção. Além disso, os assentados sofrem com as pressões da especulação imobiliária.

A atividade agrícola, contudo, persiste com a comercialização de produtos em localidades próximas. Produz-se abacaxi, abóbora, abobrinha, arroz, aipim, batata doce, berinjela, banana, café, cebola, cenoura, feijão, feijão de corda, maracujá, maxixe, pepino, pimentão, quiabo, tomate, e tomate cereja. A produção animal se baseia na criação de suínos, galinhas (postura), gado (corte e leite).

Entretanto, os problemas estruturais já apontados dificultam o transporte dos produtos até os pontos de comercialização. Atravessadores compram os produtos nos lotes e revendem para o Ceasa, lucrando com a oscilação dos preços. Como a produção, a comercialização dos produtos é feita, via de regra, de forma individual. Embora a Associação possua um caminhão, a dificuldade de organização dos produtores impede o seu uso eficiente.

No Mutirão Eldorado foi implantado um SAF na propriedade do agricultor Erenildo, atual presidente da associação, assim como em área de outro produtor da comunidade. A implantação e manutenção do SAF contou com o apoio e orientação do GAE (Grupo de Agricultura Ecológica) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. As principias

espécies arbóreas são: sabiá, gliricídia, mogno, teca, sapucaia, angico, para-raio, leucena, pupunha, açaí e cedro. Dentre as frutíferas implantadas podemos citar: acerola, fruta do conde, mamão, abacaxi, maracujá, limão, banana, manga e graviola, apresentando assim um alto grau de biodiversidade, embora boa parte das espécies plantadas não seja nativa da Mata Atlântica.¹⁵ O agricultor expressou sua satisfação quanto à melhoria nas condições do solo, proteção contra o vento e diversidade de produtos gerados pela implantação do SAF. A área de produção orgânica de aproximadamente 1,5 ha, é certificada pela ABIO, certificadora de produtos orgânicos do Rio de Janeiro. A produção proporcionada pelo SAF é comercializada na feira de produtos orgânicos do bairro da Glória, na cidade do Rio de Janeiro, aos sábados. Na propriedade do vizinho, o Sr. Erenildo trabalha como meeiro na produção orgânica de hortaliças. A produção orgânica conta com a parceria de 4 agricultores. O transporte dos produtos é feito com caminhão fretado. Os agricultores pagam uma taxa mensal de R\$ 21 à ABIO, apesar desta entidade não fornecer assistência técnica e comercial, e raramente monitora as propriedades pelos critérios da certificação orgânica.

Foram identificados em cada um dos assentamentos avaliados, locais potenciais para o estabelecimento de SAFs de interesse dos membros da comunidade.

H. Arranjos contratuais para créditos de carbono

1) Os créditos gerados nos projetos de carbono agroflorestal pertencem ao proprietário da terra ou a quem detenha a posse legal do pacote de direitos e responsabilidades que estejam contidos no título legal. Se o investidor não é o proprietário da terra, é necessário definir alguma garantia dos direitos dos créditos de carbono sob a forma de acordo contratual assinado pelo investidor e pelo proprietário da terra, público ou privado, antes de o projeto ser apresentado à aprovação da autoridade nacional designada. A ausência de título da terra de muitos pequenos produtores e assentados rurais pode representar uma barreira intransponível para o estabelecimento de projetos de carbono, dada a incerteza dos investidores.

A divulgação dos créditos de carbono pode gerar expectativas difíceis de serem atendidas tendo em vista as incertezas do mercado. A parceria entre os atores locais, as empresas privadas e instituições do governo em projetos de carbono deve ser formalizada por meio de acordos interinstitucionais. Atividades e responsabilidades compartilhadas, assim como contribuições orçamentárias devem ser claramente definidas desde o início para que se assegure a transparência e o engajamento dos interessados locais. Os direitos sobre a terra e sobre os produtos dos pagamentos por serviços ambientais requerem adequada definição legal e contratual antes da implementação dos projetos.

IV. Avaliação da aptidão para SAFs

A. Base de Dados

Esta seção relata as atividades e resultados do componente Geoprocessamento do projeto. A finalidade foi estabelecer uma base de dados espaciais através de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) (Assad e Sano, 1998; Burrough, 1986), utilizada para atender ao segundo objetivo específico do projeto: “*avaliar a aptidão e elencar os locais mais indicados para o estabelecimento dos sistemas agroflorestais e de reflorestamentos em função de solo e relevo*”.

Executado no Laboratório de Ecologia e Biogeografia da Universidade Federal Fluminense (UFF), o trabalho iniciou pela coleta e organização da base de dados espaciais digitais de diversas fontes. Os dados temáticos foram convertidos para uma base cartográfica comum e editados, de forma a possibilitar o cruzamento de dados de diversas fontes (McCloy, 1995). Os dados encontram-se organizados em dois sistemas principais de projeção: geográfico (coordenadas de latitude e longitude em graus) e UTM (coordenadas em metros).

J. Áreas Prioritárias para o Estabelecimento de SAFs

A análise para a avaliação da aptidão das terras para a implantação de SAFs levou em consideração principalmente a variação espacial dos principais atributos do ambiente físico (clima, relevo, solo, drenagem) que influenciam o potencial das terras para utilização em SAFs (FAO, 1976; Ramalho-Filho. e Beek, 1997; Young, 1989; Weill, 1990). Os diversos tipos de uso e cobertura do solo também foram avaliados (Carpenter, 1981; Davidson, 1981; FAO, 1984; Zonneveld, 1995; Vink, 1984), tendo em vista tanto a sua utilização como indicadores da aptidão local (sítio) para o crescimento de espécies (ex. florestas, reflorestamento), como a possível complementaridade ou conflito de uso, no caso de não serem compatíveis com a implementação de SAFs (ex. zonas industriais, áreas urbanas).

A seleção de áreas prioritárias levou em consideração ainda aspectos sócio-econômicos (Tricart e de Jonge, 1992) referentes, principalmente, à localização dos assentamentos, associações e proprietários rurais identificados durante o levantamento sócio-econômico e os trabalhos de campo.

Tendo em vista a pequena variação de alguns atributos físicos, como os parâmetros climáticos e geologia, na área de estudo, a avaliação final considerou três aspectos principais: relevo (drenagem), tipos de solos e a cobertura e uso atual do solo.

Levou-se em consideração o potencial erosivo, relacionado ao grau de declividade e a suscetibilidade à inundação (Gerrard, 1981; Thomas, 1994; Hamilton e King, 1983).

A avaliação da aptidão dos diferentes tipos de solo considerou a influência de suas principais propriedades (textura, estrutura, profundidade, teor de nutrientes) para o desenvolvimento das espécies potenciais herbáceas (anuais ou perenes), arbustivas e arbóreas utilizadas em SAFs, bem como o seu maior ou menor grau de suscetibilidade à erosão ou inundação (Landon, 1991; Pitty, 1979; Sanchez, 1976; van Wambeke, 1992).

As áreas com solos hidromórficos ou saturados com água (Orgânicos, Gleis) tem menor potencial para SAFs, devido à drenagem imperfeita, que pode prejudicar ou mesmo impedir o crescimento de diversas espécies arbóreas, com exceção de algumas poucas espécies adaptadas a este tipo de ambiente. Planossolos possuem um potencial intermediário, pois apresentam uma drenagem melhor, contando em algumas áreas com cobertura vegetal remanescente (floresta secundária) e plantios florestais, incluindo o existente na área da Eletrobolt (margem da rodovia BR-116). As áreas de maior potencial são os solos Aluviais e as colinas e encostas baixas, com Podzólicos e Cambissolos. Estas últimas, geralmente apresentam baixa fertilidade natural, que pode ser corrigida e melhorada através de práticas como a calagem, aplicação de fertilizantes minerais e o plantio de espécies leguminosas, que possibilitam a fixação de Nitrogênio por bactérias do gênero *Rhizobium*. Devem ser consideradas de maior prioridade também pela maior suscetibilidade à erosão, que pode ser reduzida com a implantação de cobertura arbórea através de reflorestamentos ou SAFs.

Na análise, foram excluídas as áreas com uso não-compatível com a implantação de SAFs, como áreas urbanas, industriais e de mineração, florestas primárias ou secundárias em estágio avançado de regeneração e corpos d'água.

A implantação de SAFs é possível em áreas de uso especial (campus da UFRRJ, FLONA), como já ocorre com reflorestamentos, ou mesmo em experimentos com diferentes tipos de SAFs, a exemplo dos existentes na área da Embrapa-CNPAGrobiologia, também localizada em Seropédica. A implantação de SAFs nessas áreas pode servir para fins de pesquisa, como unidades demonstrativas, ou para a produção comercial em pequena escala. Já as áreas em uso agrícola intensivo dos assentamentos pesquisados apresentaram baixo potencial para a implantação de SAFs, ao passo que as áreas desses mesmos assentamentos ocupadas com pasto exibiram alto potencial.

Áreas com uso atual dedicado à silvicultura (reflorestamento de Eucalipto) ou culturas agrícolas anuais ou mesmo perene, podem ser convertidas para SAFs a médio e longo prazo, seja por conversão total (substituição) ou gradual (ex: incorporação de árvores em áreas agrícolas, ou de cultivos intercalados em reflorestamentos após desbaste), pois o próprio desenvolvimento das espécies arbóreas nativas ou plantadas nessas áreas serve como

importante indicador do seu potencial para a implantação de SAFs. Com alto potencial, foram consideradas todas as áreas de pastagem, que na região do estudo apresentam baixa produtividade, devido a um conjunto de fatores, especialmente o seu manejo.

A faixa de Área de Preservação Permanente (APP), conforme preconiza o Código Florestal, foi delimitada através de polígonos (*buffers*) de largura correspondente à largura do curso d'água (mínimo 30m), ao longo das margens dos rios, córregos e canais (mapa hidrografia). Nestas áreas, podem ser feitos reflorestamentos (mata ciliar) ou mesmo SAFs, nos quais o componente agrícola ou pastoril seja temporário, conduzindo no final do processo de crescimento ao estabelecimento de uma floresta composta por espécies nativas.

Finalmente, o Protocolo de Quioto estabelece que nenhuma área desmatada posterior a 1990 deva ser elegível para créditos de carbono. Uma análise em imagem de satélite de 1989 mostrou que nenhuma área potencialmente apta para reflorestamento em Seropédica foi desmatada depois desta data.

1) O mapa (Figura 1) apresenta a delimitação das áreas com potencial para a implantação de sistemas agroflorestais, classificados em três níveis: alto, baixo e nulo. Foram excluídas as áreas consideradas de potencial nulo (áreas urbanas e industriais, corpos d'água). A área total com potencial para a implantação de SAFs é de 11.482 ha, ou 45,6% do município de Seropédica, conforme discriminados na Tabela I.

TABELA I
ÁREA POTENCIAL PARA SAFs NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA
UTE ELETROBOLT, SEROPÉDICA-RJ

Potencial	Área (ha)	%
Alto	11.482	45,6
Baixo	3.681	14,6
Nulo	10.008	39,8
Total	25.171	100,0

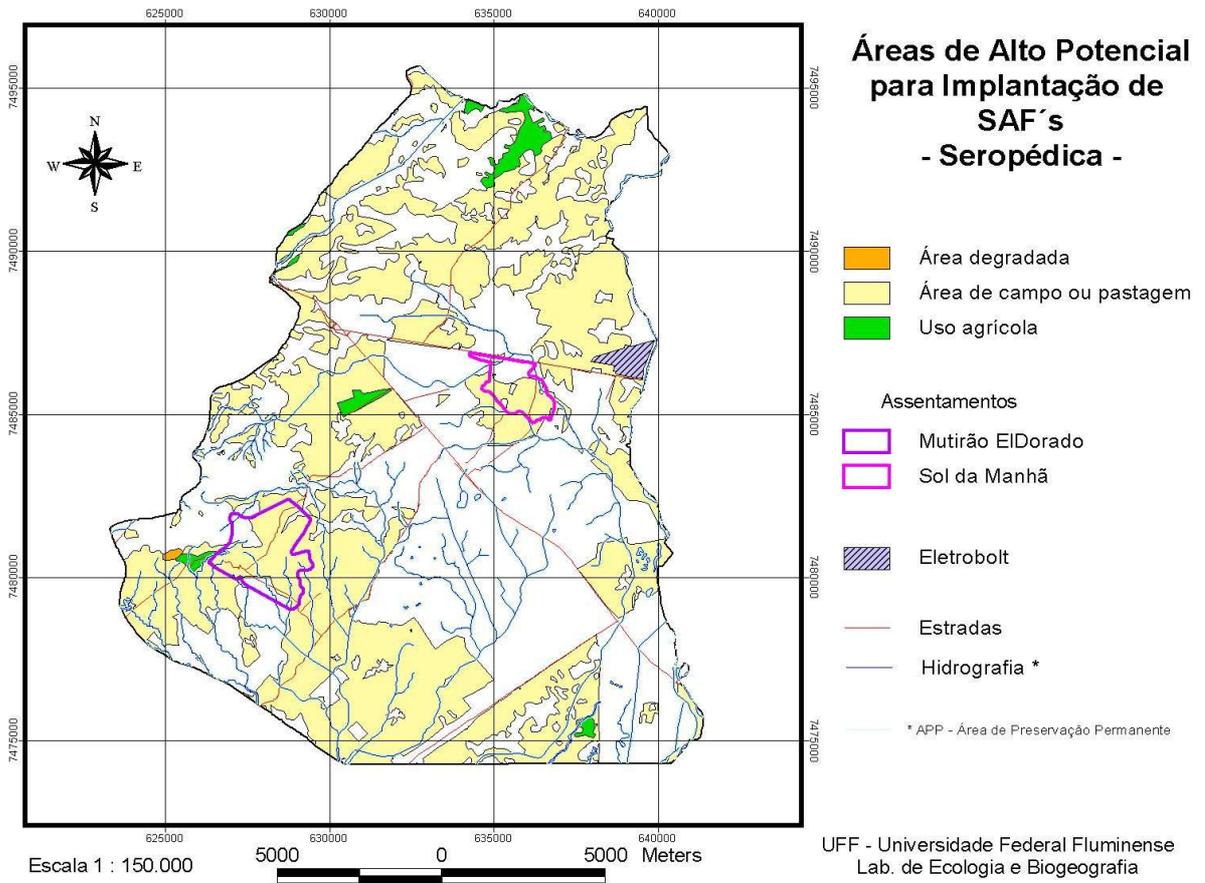


Figura 1. Áreas de alta potencial para implantação de SAFs, Seropédica, RJ.

V. Capacidade de incorporação de carbono em reflorestamentos e SAFs

A. Metodologia

Existem poucos estudos sobre o estoque e as taxas de incorporação de carbono em florestas de Mata Atlântica (Clevelário et al., 1998; Tanizaki, 2000), sendo os dados e métodos conhecidos oriundos de outros biomas, principalmente da Amazônia. Os estudos referenciados obtiveram seus dados de forma destrutiva, ou seja, através do corte e pesagem de vários indivíduos. A maioria desses estudos foi realizada em florestas em estágio de desenvolvimento superior a 20 anos e sempre oriundas da regeneração natural. Para o trabalho atual, foi utilizada uma metodologia semi-destrutiva, onde os indivíduos são medidos e amostrados com um trado. São também utilizados dados da literatura (Lorenzi, 1992; Lorenzi, 2002).

Neste estudo, foram aplicados um modelo genérico desenvolvido em estudos anteriores (Tanizaki, 2004) e uma equação para reflorestamentos de 3 anos de idade da Costa Rica (Butterfield, 1995), visando estimar os estoques e a taxa de fixação de carbono no reflorestamento realizado no terreno da UTE Eletrobolt, e no SAF do Sr. Erenildo, no assentamento Mutirão Eldorado. Nos dois casos, foi plantada uma gama significativa de espécies diferentes, algumas das quais apresentavam um desempenho maior do que outras em termos de fixação de carbono. Por outro lado, a variedade de espécies e a seleção daquelas com maior valor econômico reforça o objetivo de equilibrar a fixação de carbono com a renda rural.

Para se calcular a quantidade de carbono presente numa floresta é necessária amostragem em transectos representativos do reflorestamento como um todo. Para isso foram feitos três transectos de 15 x 25m totalizando uma área de amostragem de 1.125 m². Nesta área, foram medidos o diâmetro e a altura de todas as árvores, contabilizando também os espaços deixados por mudas mortas. As coordenadas de todos os indivíduos maiores de 10 cm de DAP (diâmetro à altura do peito) são anotadas e as espécies identificadas.

A massa de carbono em um indivíduo é calculada tendo com base o produto entre o volume da árvore, a densidade da madeira e o teor de carbono medido através de análise gravimétrica e em um analisador elementar de CHNS (carbono, hidrogênio, nitrogênio e enxofre).

A densidade utilizada é a densidade básica, onde é relacionada a biomassa seca da madeira contida em um determinado volume fresco da amostra. Para retirar amostras do tronco utiliza-se um trado especial para madeira, que secciona um cilindro de cerca de 4,5 mm

de diâmetro, sem compressão da amostra. A retirada de amostra não foi possível em várias espécies por causa do diâmetro muito pequeno do tronco nesta fase. O trado, ao fazer um orifício de cerca de 1 cm de diâmetro, poderia matar o indivíduo amostrado. Em espécies como a Imbaúba (*Cecropia* spp), por ter uma madeira muito mole, a amostra deformou-se ao retirá-la. As amostras, assim que retiradas, são acondicionadas em filme de PVC para evitar a perda de água e, em laboratório, elas são seccionadas em pedaços de cerca de 2 cm, medidas para cálculo do volume utilizando um paquímetro, e postas a secar em estufa a 60° C até atingirem peso constante.

Depois de coletar esses dados calcula-se a biomassa de cada árvore através da soma da biomassa do tronco e a dos galhos. Da soma de todos os indivíduos calcula-se a biomassa do transecto, extrapolando-se a estimativa para a biomassa total da floresta ou a média por hectare.

Para avaliarmos a promoção de incorporação de carbono nos sistemas manejados (SAF ou reflorestamento) é necessária uma avaliação do conteúdo de carbono e biomassa na vegetação existente antes da implantação desses sistemas, no caso, pastagens. Foi coletada toda a biomassa aérea em cinco amostras de 1m² cada uma. A biomassa coletada foi acondicionada em sacos plásticos e levada para laboratório. No laboratório são colocadas a secar numa estufa à temperatura de 60° C até peso constante.

L. Resultados no reflorestamento

Foram medidas no reflorestamento um total de 134 árvores e houve 46 falhas (mudas que morreram e não foram replantadas), nas quais deveria existir um total de 180 indivíduos. Foram encontradas 34 espécies, e uma perda de cerca de 43% de mudas, num total de 77 mudas perdidas. A área amostrada foi de 1080m². Para o cálculo sem perdas de muda a área amostrada com mudas foi de 618 m².

As estimativas da estocagem de biomassa e carbono demonstraram um acúmulo de entre 0,34 a 0,6 toneladas de biomassa viva acima do solo (BVAS), contando com a perda das mudas, totalizando 3,2 a 5,6 t/ha, usando como densidade os valores de 0,31 e 0,54 g/cm³ respectivamente. Já a estimativa calculada para o caso sem perda de mudas (neste caso a simulação assume a reposição das mudas mortas e desempenho semelhante à média das espécies que sobreviveram) variou de 5,6 a 9,75 t/ha de BVAS, utilizando-se as duas densidades básicas, respectivamente. Como o reflorestamento é muito recente (2,5 anos na data de amostragem) o valor calculado com base nas estimativas calculadas pela equação da

Costa Rica deve ser o valor mais consistente, uma vez que o método é baseado no volume, cujos resultados se assemelham ao encontrado neste estudo, em reflorestamento de 3 anos.

Na avaliação do teor de carbono, foram coletadas amostras de cinco espécies utilizadas no reflorestamento, sendo uma leguminosa não identificada. A densidade básica medida de algumas espécies foi abaixo dos valores encontrados na literatura. Essa variação foi entre 30 a 60% menor. Este fato é devido ao estágio muito novo de desenvolvimento dos indivíduos no reflorestamento, pois muitas espécies, nesta fase, investem em crescimento rápido com madeiras leves e somente depois investem em rigidez da madeira, aumentando sua densidade.

Como média da densidade básica foram utilizados dois valores: um da média aritmética dos dados de campo (0,31 g/cm³), outro com a média da literatura (0,54 g/cm³; Butterfield, 1995). O teor de carbono registrou uma média de 47,9%, variando entre 44,6% e 50,9%.

Avaliou-se entre todas as espécies amostradas aquelas que apresentaram maior rendimento em termos de incorporação de carbono. Para isso, as espécies foram ordenadas em relação à biomassa produzida por espécie e área ocupada pelos indivíduos. As 10 espécies que mais incorporaram biomassa foram, em ordem decrescente de incorporação: Guapuruvu (*Schizolobium parahybae*), sp 1 (não identificada, da família Leguminosae-Caesalpinioideae), Leguminosa 1, Urucum (*Bixa orellana*), louro-pardo (*Cordia trichotoma*), Embaúba (*Cecropia spp*), Paineira (*Chorisia speciosa*), Cássia, Angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina*), aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius*).

Essas espécies incorporariam de 1,1 a 5,1 t C/ha.ano, se fossem plantadas em monocultura.

M. Sistema Agroflorestal

A avaliação da linha de base foi feita na pastagem no entorno do SAF onde foram medidos cerca de 0,21 a 1,2 kg de biomassa seca/m² com uma média de 0,72 kg/m² (desvio padrão de 0,36), o que significa uma estocagem de cerca de 7,2 toneladas de biomassa / hectare.

A avaliação da estocagem de carbono em sistema agroflorestal indicou uma alta concentração em número de árvores na área manejada, ao longo de 7 anos. Foram medidas cerca de 80 árvores numa área de 810m², num total de 26 espécies diferentes. Destas, seis espécies são usadas para alimentação humana (já sendo comercializadas – abacate, abiu, amora, bananeira, goiaba e graviola); outras seis espécies usadas para alimentação humana, mas ainda não estão em fase produtiva (açai, cajú, jaca, jamelão, manga, pupunha); duas

espécies servem de alimento para animais silvestres nativos (imbaúba e amendoeira); quatro espécies possuem função de sombreamento e poda para incorporação de matéria orgânica no solo (acácia, biriba, gliricidia e leucena), e oito espécies possuem função de fornecimento de produtos florestais diversos como madeira, porém, ainda, sem porte comercial (angico, cedrinho, ingá, mogno, pararaio, sombreiro e teca).

A biomassa estocada nos componentes arbóreos do agroecossistema foi calculada em 7,5 t BVAS/ha sendo que as maiores contribuições foram das espécies (em ordem decrescente): angico branco, jamelão, gliricidia, leucena, acácia, pararaio, manga, angico, sombreiro, pupunha e mogno. Essas espécies estocaram de 7 a 60 kg de BVAS por indivíduo e representaram no seu conjunto cerca de 83% do total de biomassa estocado no SAF. Além das árvores, há um volume de biomassa em gramíneas e serrapilheira, estimado em metade daquele encontrado no pasto vizinho, ou seja, adicionais 3,75 t BVAS/ha, para um total de 11,25 t BVAS/ha.

Como o SAF é intensivamente manejado por poda radical e pela venda de produtos retirados do sistema, é de se esperar que o manejo reduza o potencial de estocagem de uma maneira geral, explicando o estoque de carbono pouco diferenciado ao da pastagem. É necessário observar que muitas das espécies manejadas estão ainda em fase de crescimento sendo, portanto, esperado uma maior produtividade em termos de produtos comercializáveis a um período não muito curto de tempo e com o incremento de biomassa crescente para os próximos anos. É necessário, entretanto, um manejo que contemple o aumento de biomassa através de podas menos agressivas, se for previsto o manejo para incrementar o estoque de carbono.

N. Conclusão

O reflorestamento apresentou uma acumulação de cerca de 3,2 a 5,6 ton de BVAS/ha, o que corresponde a um estoque de 1,6 a 2,8 toneladas de C/ha. Este valor corresponde a uma acumulação de 0,64 a 1,12 toneladas de C/ha ano, 2,5 anos após o plantio. A biomassa acumulada no SAF foi estimada em 7,5 toneladas de BVAS/ha, correspondendo a um estoque de 3,75 toneladas de C/ha. Não foi possível estimar o acúmulo anual no SAF, devido ao fato que o produtor estabeleceu o sistema aos poucos, enriquecendo com um maior número de espécies econômicas ao longo do tempo.

Como mencionado anteriormente, a poda agressiva do SAF e a falta de reposição de mudas no reflorestamento contribuíram para os baixos valores de estocagem nos dois sistemas observados. A relação de carbono estocado entre os sistemas estudados e a linha de base foi bastante próxima, não indicando um incremento líquido significativo nesta etapa, nos termos

do MDL. É necessário, no entanto, observar que este tipo de sistema (reflorestamento e SAF) exibe uma evolução em estrutura e densidade de suas madeiras que demandam um intervalo de tempo maior para atingir um crescimento diferenciado em relação a sistemas agropastoris convencionais (monocultura e pastos extensivos), indicando a necessidade de analisar o desempenho de sistemas com maior maturidade. Por outro lado, a utilização econômica do SAF sugere o seu potencial como complemento significativo à renda agrícola familiar, além das funções ecossistêmicas exercidas.

VI. Análise de rentabilidade financeira do modelo de SAF proposto

Para estimar os retornos financeiros adicionais potencialmente relacionados à adoção de SAFs, e a fixação de carbono associado, a equipe elaborou um modelo hipotético de SAF para reflorestamento de áreas de mata ciliar identificadas nos trabalhos de DRP com assentados rurais.

A. Rentabilidade de Sistemas Agroflorestais

Estudos de viabilidade sobre SAFs implementados nos assentamentos rurais do Pontal do Paranapanema (IPÊ, 2004) e no Estado do Mato Grosso (May, et al., 2004) apontam rentabilidade superior destes sistemas quando comparados com os produtos atuais dos lotes investigados. No primeiro caso, foram comparados um sistema de produção de bezerros para engorda com um de gado leiteiro em sistema silvipastoril, em combinação com café sombreado. Estimou-se que o rendimento incremental obtido da mudança do sistema, complementado com a venda de créditos de carbono, ofereceria rendimentos líquidos significativamente superiores (incremento de R\$ 18,3 mil anualmente por família) para um conjunto de 30 assentados. Calculou-se que o incremento em carbono nos SAFs atingiria entre 35 e 50 t C/ha em 21 anos, e previu-se um volume maior de carbono absorvido em áreas de Reserva Legal a serem recuperadas pelo projeto: de 60 a 70 t C/ha.

No segundo caso, assentados e pecuaristas em quatro sistemas de produção da região noroeste de MT teriam ganhos significativos ao adotar modelos agroflorestais, incluindo entre estes, quintais agroflorestais, palmeiras, sistemas silvipastoris e café consorciado. A taxa interna de retorno dos SAFs foi calculado em 12,5%, sendo que, com a agregação de valor do carbono (a US\$12,85/t), esta taxa aumentou para 16%, indicando um benefício adicional, apesar dos custos de intermediação e certificação da absorção.

P. Modelo do Sistema Agroflorestal Proposto

A abordagem para a seleção do modelo de SAF mais adequado para o contexto da área de influência da UTE Eletrobolt, baseou-se principalmente nas informações obtidas no diagnóstico de campo realizado em Seropédica pela equipe multidisciplinar do projeto. A implantação dos SAFs representa uma alternativa à recomposição e otimização produtiva dos atuais sistemas de produção. A escolha das espécies arbóreas nativas baseou-se no potencial de retorno econômico proveniente dos produtos madeireiros e não madeireiros (limitando-se nestes últimos às sementes e ao mel) de cada espécie. Da mesma forma, foram escolhidas espécies com potencial para seqüestro de carbono.

O arranjo espacial proposto para as espécies arbóreas é de 3 x 2 m, sendo 100 plantas/ha de cada uma das 15 espécies propostas. O sistema agroflorestal recomendado será composto por um consórcio entre espécies arbóreas madeireiras, frutíferas, melíferas e culturas anuais. As frutíferas componentes do sistema são: acerola, banana, mamão, laranja e goiaba. No início do ciclo, nas entrelinhas das espécies arbóreas e frutíferas, serão plantadas as seguintes culturas anuais: feijão de porco, milho e mandioca.

Na Tabela II, são apresentados os espaçamentos dos diferentes componentes do sistema. Todos os componentes do modelo fornecerão produtos alimentícios e geradores de renda ao longo do tempo. A venda de sementes florestais apresenta um mercado promissor, assim como o mercado de mel orgânico. Este modelo de SAF poderá sofrer ajustes dependendo das características da área, seja APP ou Reserva Legal.

TABELA II
ARRANJO ESPACIAL DOS COMPONENTES DO MODELO

<u>Espécies</u>	<u>Espaçamento (m)</u>
Arbóreas nativas	3 x 2
Arbóreas frutíferas	10 x 10
Feijão-de-porco	0,5 x 0,5
Mandioca	1 x 1
Milho	0,5 x 0,5
Banana	2,5 x 2,5
Abacaxi	0,90 x 0,40

O cálculo da taxa anual média de biomassa e carbono, de 2,5 t C/ha ano, consistente com as observações da pesquisa de campo no reflorestamento e no SAF, fundamentou-se em dados de dendrometria dessas espécies num estudo realizado na região do médio Rio Doce MG (Drumond et al., 1997). Para as espécies frutíferas foi tomada como referência a acerola

(*Malpighia glabra*), com 9 anos de idade (Fernandes, 2004). Estudos relativos ao rendimento dos produtos madeireiros (Carvalho, 2003), da Acerola e do Jenipapo (Santos, 2000) complementaram essas fontes.

A análise financeira agregou aos parâmetros do modelo de SAF descrito acima, os preços de produtos dispostos ao longo do horizonte de 21 anos no máximo previsto para projetos florestais no MDL, assim como custos de insumos e mão de obra. A importância do componente *taungya* (culturas anuais seguidas por árvores) nos rendimentos iniciais do SAF é evidente. Apesar disso, os rendimentos líquidos nos primeiros dois anos, quando se inclui o custo de oportunidade da mão de obra, são negativos, principalmente devido ao alto custo de mudas agroflorestais e a mão de obra necessária para a implantação do SAF. A redução nesses custos – pela produção associativa de mudas e/ou mutirão de reflorestamento – implicará num incremento dramático em retorno do sistema. Se não for possível achar alternativas para esses insumos, será necessário contar com uma fonte de capital externa ao sistema, do tipo PRONAF-Florestal. Antecipação de rendimento de carbono seria uma solução possível para este problema, mas a contribuição ao rendimento líquido da venda de créditos de carbono, pelos preços médios praticados nos mercados atuais, resulta num incremento na taxa interna de retorno (TIR) de 18,4% sem carbono para 19,8% com carbono.¹⁶ Tais retornos, sejam com ou sem venda de créditos de carbono, são respeitáveis e, se forem comprovados, podem servir como fundamento para investimento de recursos do sistema de crédito agrícola oficial.

A tabela III detalha os resultados da análise financeira.

TABELA III
RESULTADOS DA MODELAGEM FINANCEIRA EM SAF - SEROPÉDICA/RJ

Parâmetro financeiro	Valor estimado
Renda líquida sem projeto	R\$ 2.750 / 3 ha cult. anuais
Renda líquida com projeto	R\$ 5.830 / 1 ha SAF
VPL com m.d.o. ^a	R\$ 8.554 / ha
VPL sem m.d.o. ^a	R\$ 15.208 / ha
TIR sem carbono ^b	18,4%
TIR com carbono ^b	19,8%

^a Valor presente líquido incremental a 12% de desconto (SAF), com e sem inclusão do custo da mão-de-obra.

^b Taxa interna de retorno incremental (SAF), com e sem inclusão do valor do carbono médio praticado no mercado.

Em termos de renda auferida pelo modelo, diferencia-se da situação na linha de base, que conta unicamente com a produção comercial de culturas anuais, tais como mandioca e quiabo. A produção diversificada de frutas, palmito, mel, sementes florestais, etc. oriundo do SAF providencia uma renda líquida superior que também proporciona maior estabilidade e segurança alimentar. Em área média produtiva de 3 ha anuais, o produtor na linha de base tem um rendimento líquido de R\$ 2.750 (R\$ 230/mês em média ao longo do ano). No SAF, este rendimento líquido, sobe para um patamar médio de R\$ 5.830 (R\$ 485/mês) em apenas 1 ha, após os três anos iniciais de implantação do sistema. Neste patamar, o retorno à mão de obra familiar é maior do que aquele advindo de outras opções de trabalho, e as famílias se dedicariam mais à agricultura, reduzindo o custo de mão de obra do SAF, o que reforçaria ainda mais a sua rentabilidade.

VII. **Implementação de projetos piloto de carbono florestal**

A. Fontes de Financiamento para Projetos

O financiamento de projetos de carbono florestal poderá ser realizado a partir de vários mecanismos financeiros existentes e potenciais a fim de canalizar fundos para os pequenos produtores familiares, destinados à adoção de práticas, dentro e fora das propriedades, que incrementem o uso conservacionista e sustentável dos recursos naturais das microbacias hidrográficas, conservem a biodiversidade e aumentem o seqüestro de carbono. Estes incentivos incluem, por exemplo, a cobrança pelo uso da água; taxa de reposição florestal; compensações ambientais; e comércio de carbono através de transações diretas.

Com respeito especificamente às transações potenciais de carbono, constata-se a existência das linhas de financiamento e parceria com empresas listadas na tabela IV (May e Geluda, 2005). Além destes instrumentos e fundos, existem projetos negociados em mercados paralelos de carbono (criados na Holanda e nos EUA) abrindo-se oportunidades para projetos florestais. Cabe esclarecer que nenhum destes fundos facilita acesso ao financiamento de projetos, sendo necessário investir tempo e recursos na estruturação dos projetos, e particularmente na definição de parcerias técnicas e financeiras compatíveis com a proposta.

Devido às incertezas ainda presentes no mercado de carbono, os processos de avaliação e registro dos projetos, e a adesão de investidores aos fundos de investimento, são bastante prolongados. Por este motivo, o financiamento dos ativos florestais geradores de créditos de carbono e outros serviços ambientais deve ser iniciado através de fontes de crédito agrícola convencionais, tais como o PRONAF-Florestal, que especificamente contempla o

financiamento de SAFs. Outras opções de financiamento inicial incluem projetos de gestão de microbacias, os quais crescentemente incorporam a criação de esquemas de pagamentos para serviços ecossistêmicos como elemento de sustentabilidade de práticas financiadas.

Outra opção surge com a tendência do Brasil ser percebido como emissor líquido de GEE, devido às perdas florestais na Amazônia e a mudanças no matriz energética para o uso mais intensivo de combustíveis fósil. Neste caso, o Brasil assumiria compromissos quantitativos de redução de emissões, em bases semelhantes aos países do Anexo I do Protocolo de Quioto. Uma avaliação da viabilidade de reflorestamentos e outros usos do solo visando a compensação de parte das emissões oriundas da geração termoelétrica nacional foi elaborada por equipe da COPPE/UFRJ neste sentido (Rola e Monteiro, 2004).

TABELA IV

FONTES DE FINANCIAMENTO, INSTRUMENTOS E STATUS OPERACIONAL PARA PROJETOS DE CARBONO FLORESTAL NO BRASIL

Fonte de Financiamento	Descrição do Instrumento	Status Operacional
Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) – www.unfccc.org/cdm	Aquisição de certificados de redução de emissões de carbono por empresas ou países emissores (em países do Anexo I)	Protocolo de Quioto ratificado fev. 2005 / Executive Board operacional; análises de linha-base em curso
Fundo BioCarbono (BIRD) – www.biocarbonfund.org	Aquisição de certificados de redução de emissões de carbono por fundo de investimento de empresas emissoras (Anexo I)	Operacional desde 2004; Recursos disponíveis (maio 2005) US\$ 43 milhões; 130 propostas já recebidas e 20 projetos potenciais selecionados
Projetos de Ação do Clima - <i>The Nature Conservancy</i> (TNC) – www.tnc.org.br	Estruturação de projetos conjugando seqüestro de carbono com conservação de biodiversidade	Programa de Iniciativas de Clima em funcionamento desde meados dos anos 90
Florestas do Futuro (SOS Mata Atlântica) – www.florestasdofuturo.org.br	Implantação de reflorestamentos em matas ciliares em parceria com o setor privado e proprietários particulares	Em fase inicial de estabelecimento em 2005
Fundo Carbono Social (FUNBIO/CI) – www.funbio.org.br	Projetos envolvendo parcerias para reflorestamentos com benefícios sócio-ambientais	Fundo de parceria em planejamento pelo FUNBIO em colaboração com <i>Conservation International</i>
Proambiente (MMA/Embrapa) – www.mma.gov.br	Pólos de assentamentos rurais gerando serviços ecossistêmicos; crédito rural complementado com recursos a fundo perdido para PSE	Pólos criados; programa orçamentado no PPA; fundo PSE em processo de criação pelo MMA/SDS, procurando fontes externos
Bolsa de Mercadorias e Futuros (BMF) Mercado Brasileiro de Redução de Emissões – www.bmf.com.br	Mercado de derivativos de certificados de redução de emissões com lastro em projetos MDL e semelhantes no Brasil	Mercado anunciado conjuntamente pelo BMF e Ministério de Desenvolvimento e Comércio em 2004

B. Educação ambiental, assistência técnica, pesquisa e monitoramento

Posterior ao estabelecimento dos SAFs, a provisão de serviços ambientais deve ser comprovada, elaborando sistemas de monitoramento e validação a fim de assegurar sua elegibilidade no mercado de carbono.

O custo de estabelecimento de SAFs tem como principal componente a aquisição e implantação de mudas arbóreas. Sendo assim, programas que visam ampliar a disponibilidade de mudas a baixo custo ao produtor rural podem estimular o processo de difusão destas técnicas. Para ampliar a demanda para o plantio de espécies nativas, deve-se incentivar a distribuição de mudas de espécies de valor econômico.

A distribuição gratuita ou de baixo custo de mudas tem um caráter educacional, ao mesmo tempo em que assegura a classificação e certificação de origem das sementes utilizadas. Para o projeto se tornar auto-sustentável, no entanto, é necessário aliar outros aspectos tais como a capacitação em coleta de sementes e produção de mudas, o treino em práticas de plantio (em especial em técnicas de estabelecimento e manejo de SAFs), além de assistência técnica permanente e monitoramento de operações de silvicultura (índices de sobrevivência, desenvolvimento de plantas, acúmulo de biomassa etc). Baixos índices de sobrevivência, causados pela escolha inadequada de espécies locais, época de plantio, ataques de pragas e outros problemas agronômicos (ervas daninhas, doenças etc.) podem levar a que apenas uma pequena porcentagem de mudas se transforme em árvores, reduzindo assim drasticamente a formação de uma nova floresta, ameaçando seriamente o potencial efetivo de fixação de carbono. Conjuntamente com essas questões técnicas, é fundamental que tais projetos busquem apoio à comercialização dos produtos obtidos em sistemas agroflorestais, assim como do carbono em si.

Referências bibliográficas

- Assad, E.D. e Sano, E.E. *Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura*. EMBRAPA. 2ª ed. Brasília. 1998.
- Brasil. *Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Emissões e remoções de dióxido de carbono por conversão de florestas e abandono de terras cultivadas*. 2002. Disponível: http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/pdf/terra_cul_p.pdf.
- Brasil. *Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Emissões e remoções de dióxido de carbono por mudanças nos estoques de florestas plantadas*. 2002. Disponível: http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/pdf/floresta_p.pdf.
- Burrough, P.A. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Clarendon Press. Oxford. 1986.
- Butterfield, R.P. Promoting biodiversity: advances in evaluating native species for reforestation. *Forest Ecology and Management* 75. 1995. 111-121.
- Carpenter, P.A. *Assessing Tropical Forest Lands: their suitability for sustainable uses*. Tycool International. 1981
- Carvalho, P.E.R. *Espécies Arbóreas Brasileiras*. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1.039p.
- Chicago Climate Exchange, preço por t CO₂. Disponível: www.chicagoclimateexchange.com.
- Clevelário, J. J. et al.. *Biomassa e balanço de nutrientes na Bacia do Rio da Cachoeira, Floresta da Tijuca - Rio de Janeiro*. Anais. IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros. Águas de Lindóia, SP. V. 2; p: 126-134. 1998.
- Davidson, D.A. *The Evaluation of Land Resources*. Longman. 2nd Ed. 1992.
- Drumond, M. A.; Silva, F.; e Souza, L. Distribuição de biomassa e de nutrientes em diferentes coberturas florestais e pastagem na região do médio Rio Doce – MG. *Rev. Árvore*, v. 21, n. 2, p. 187-199, 1997.
- Dubois, J.C.L.; Anderson, A.B.; Viana, V. Manual agroflorestal para a Amazônia. REBRAF, Rio de Janeiro. 1996.
- FAO. Esquema para la Evaluación de Tierras. *Boletín de Suelos de la FAO* 32. 1976.
- FAO. *Land Evaluation for Forestry*. FAO Forestry Paper 48, Roma. 1984.
- Fernandes, E.C.M. Carbon Sequestration in Agroforestry Systems and Emerging Carbon Markets. In: *Sistemas Agroflorestais, Tendência da Agricultura Ecológica nos Trópicos: Sustento da Vida e Sustento de Vida*. Pp. 11-26, 2004. CEPLAC, Ilhéus, BA.
- Fundação CIDE. *Índice da Qualidade dos Municípios – IQM Verde II*. Rio de Janeiro. 2003.
- Gerrard, A.J. *Soils and Landforms*. George Allen and Unwin. Londres. 1981.
- Hamilton, L.S. e King, P.N. *Tropical Forested Watersheds - Hydrologic and soils response to major uses or conversions*. Westview. Boulder. 1983
- Houghton, R.A.. Land Use change and carbon cycle. *Global Change Biology*, 1, 275 - 287. 1995.
- IBGE. Perfil dos Municípios Brasileiros. Gestão Pública. 2001.

- INCRA. O novo retrato da agricultura familiar; o Brasil redescoberto. Banco dados. Disponível: www.incra.gov.br/sade/municipios.asp.
- IPÊ. Estudo de viabilidade de projetos de “carbono social” no Pontal do Paranapanema, São Paulo. Relatório Final para o FNMA, 2004.
- Landon, J.R. *Booker Tropical Soil Manual*. Longman. Harlow. 1991.
- Lorenzi, H. Árvores Brasileiras. Vol. 1. 1ªed. Editora Plantarum. São Paulo. 1992.
- Lorenzi, H. Árvores Brasileiras. Vol. 2. 2ª ed. Instituto Plantarum de estudos da Flora. São Paulo. 2002.
- Manfrinato, W. Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal no contexto da mitigação de mudanças climáticas; Mudanças climáticas, o Código Florestal, o Protocolo de Quioto e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Rio de Janeiro, The Nature Conservancy; Plant – Planejamento e Ambiente Ltda. 2005, p. 13.
- May, P. H., Boyd, E., Chang, M., e F. C. Veiga Neto. Incorporando o desenvolvimento sustentável aos projetos de carbono florestal no Brasil e na Bolívia. *Estudos Sociedade e Agricultura*. Rio de Janeiro, vol. 13, no. 1, 2005: 5-50.
- May, P.H. e Geluda, L. Desenho de Programa Piloto de Pagamentos para Serviços Ecosistêmicos. Projeto Gerenciamento Integrado de Agroecossistemas em Microbacias Hidrográficas no Norte/Noroeste Fluminense - RIO RURAL/GEF-BIRD/SEAAPI-RJ. 2005.
- May, P.H., Veiga Neto, F.C. e Passos, C.A. Financial and technical viability of agroforestry systems for carbon sequestration in small farm areas in northwest Mato Grosso, Brazil. In: World Agroforestry Congress, 2004, Orlando, Flórida. *Book of Abstracts - 1st World Congress of Agroforestry*. 2004. v. 1, p. 193-193.
- McCloy, K.R. *Resource Management Information Systems: process and practice*. Taylor and Francis. London. 1995.
- MDL Executive Board. Documentos referentes aos Projetos de Pequeno Porte e projetos de Reflorestamento e Florestação no MDL. Disponíveis: <http://cdm.unfccc.int/EB/Panels/ssc/ProjectActivities> e <http://cdm.unfccc.int/Panels/ar/>.
- Nair, P. K. R. *Directions in a tropical agroforestry research: past, present, and future*. 1998. *Agroforestry Systems*. v. 38:223-245.
- Pitty, A.F. *Geography and Soil Properties*. Methuen and Co. London. 1979.
- PNUD. Atlas do Desenvolvimento Humano-Perfil Municipal. 2000.
- Point Carbon EUA índice, preço por t CO₂ ponderado por volume nos mercados europeus. Disponível: www.pointcarbon.com.
- Ramalho-Filho, A. e Beek, K.J. *Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras*. EMBRAPA-CNPS. 3ª ed. Rio de Janeiro. 1997.
- Rola, S.M. e Monteiro, J.M.G. Estudo para o estabelecimento de políticas de compensação de emissões de gases de efeito estufa a partir de usinas termelétricas no estado do Rio de Janeiro. Estudo realizado para a UTE Norte Fluminense. IVIG/COPPE/UFRJ, 2004.
- Sanchez, P.A. *Properties and Management of Soils in the Tropics*. John Wiley and Sons. New York. 1976.

- Santos, M.J.C. Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental. Piracicaba: ESALQ, 2000. 75p. (Dissertação Mestrado).
- SOS Mata Atlântica. *Atlas dos Municípios da Mata Atlântica*. 2004. Disponível: <http://www.sosma.org.br/?secao=atlas>.
- Tanizaki, K. O impacto do uso da terra no estoque e fluxo de carbono na área de domínio da mata atlântica: estudo de caso estado do Rio de Janeiro. Depto. de Geociências, UFF. 2000.
- Tanizaki, K.. Reducing uncertainties of carbon stock in tropical forest. In: *Proceedings*. 4th International Symposium Environmental Geochemistry in Tropical Countries, Buzios. 2004.
- Thomas, M.F. *Geomorphology in the Tropics - A study of weathering and denudation in low latitudes*. John Wiley and Sons. Chichester. 1994.
- Tricart, J. e Kiewiet de Jonge, C.. *Ecogeography and Rural Management*. Longman. Harlow. 1992.
- van Wambeke, A. *Soils of the Tropics*. McGraw Hill. New York. 1992.
- Vink, A.P.A. *Landscape Ecology and Land Use*. Longman. 1984.
- Weill, M.A.M.. Metodologias de avaliação de terras para fins agrícolas. *R. Bras. Geogr.* 52: 127-160. 1990.
- Young, A. *Agroforestry for Soil Conservation*. CAB International. Oxford. 1989.
- Zonneveld, I.S. *Land Ecology*. SPB. Academic Publish. 1995.

Notas

¹ Este estudo foi elaborado em parceria com a UTE Termelétrica Eletrobolt (Sociedade Fluminense de Energia-SFE), com financiamento do programa de P&D da ANEEL. Os autores agradecem o apoio dos estudantes Claryssa Monteiro, UFRRJ, Gabriel Laera, UFRJ, Igor Conde, UFRRJ, Renato Mussi, UFF e Clarissa Lucena, UERJ, que atuaram em vários momentos como estagiários na pesquisa. Também agradecemos o apoio de Paulo César de Oliveira, do Setor de Sementes Florestais da UFRRJ, na definição dos parâmetros técnicos do modelo de SAF.

² Economista de Recursos Naturais, é Professor do CPDA / UFRRJ, e coordenou este projeto. Endereço: Av. Presidente Vargas, 417 – 9º andar, 20031-003 Rio, RJ. E-mail: peter@rebraf.org.br.

³ Engenheiro Florestal e Biogeógrafo, Professor do IG / UFF.

⁴ Biólogo e Geoquímico Ambiental, Professor do Setor de Ecologia / UERJ.

⁵ Florestal, Assessor Técnico Sênior da Rede Brasileira Agroflorestal-REBRAF.

⁶ Agrônomo, Consultor da REBRAF.

⁷ Engenheira Florestal, Professora do IF/UFRRJ à época da pesquisa. Atualmente trabalha em FURNAS.

⁸ Engenheiro Florestal, Professor do IF / UFRRJ.

⁹ Cientista Social, Professora do IE / UFRJ.

¹⁰ Para mais detalhes sobre a promoção da biodiversidade em SAFs ver o site da REBRAF: <http://www.rebraf.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?from%5Finfo%5Findex=6&infoid=28&sid=2>.

¹¹ A MP 2166-67 diferencia a utilização da APP por pequenos produtores familiares, considerando possuir interesse social, nos seguintes termos: “*as atividades de manejo agroflorestal sustentável praticadas na pequena propriedade ou posse rural familiar, que não descaracterizem a cobertura vegetal e não prejudiquem a função ambiental da área*” (Art. I, § V.b.). A interpretação prática desta cláusula está sendo bastante debatida no meio, mas parece permitir a recuperação de APPs com espécies econômicas, enquanto estas não prejudiquem as funções ambientais previstas na lei.

¹² Os outros municípios são: Mangaratiba, Itaguaí, Paracambi, Japeri, Queimados, Nova Iguaçu, Nilópolis, Mesquita, São João do Meriti, Belford Roxo, Duque de Caxias, Magé, Guapimirim, Itaboraí, São Gonçalo, Niterói, Marica e Tanguá.

¹³ Medida pela proporção de pessoas com renda domiciliar per capita inferior a R\$ 75,50, equivalente à metade do salário mínimo vigente em agosto de 2000.

¹⁴ Segundo a classificação do PNUD (2000), o município está entre as regiões consideradas de médio desenvolvimento humano (IDH entre 0,5 e 0,8).

¹⁵ A capacidade de absorção de carbono neste SAF é avaliada na seção V.

¹⁶ Foi utilizada a média entre as bolsas ECX e CCE, num valor de R\$ 129/t C. Os valores nos dois mercados foram obtidos pelo Internet, em preços correntes citadas nas moedas das transações diárias listadas no Point Carbon EUA índice, preço por t CO₂ ponderado por volume nos mercados europeus. Disponível: www.pointcarbon.com. Chicago Climate Exchange, preço por t CO₂. Disponível: www.chicagoclimateexchange.com. Os valores foram colocados em t CO₂, convertidos pelo coeficiente 3,664 t CO₂/t C, assim como foram convertidos os valores para Reais pelo valor de câmbio corrente. Considera-se que o preço médio seja realista no médio prazo, devido à tendência de adesões dos estados norte-americanos aos critérios de Quioto e a crescente conversibilidade dos CERs oriundos do MDL nas bolsas européias. No entanto, análise do BIRD informa que o valor do carbono em projetos MDL se situa apenas entre US\$ 3 e \$7 por tonelada (*Gazeta Mercantil*, 24.08.05), e incertezas persistam.