



Foto: Rachel Bardy Prado

Proposta Metodológica para Amostragem de Solo e Água Visando o Monitoramento e Avaliação de Serviços Ambientais em Unidades de Paisagens Rurais

*Rachel Bardy Prado*¹

*Guilherme Montandon Chaer*²

*Fabiano Carvalho Balieiro*¹

*Guilherme Kangussu Donagemma*¹

*Maria Elizabeth Fernandes Correia*²

*Ricardo Trippia dos Guimarães Peixoto*¹

*César da Silva Chagas*¹

*Ana Paula Dias Turetta*¹

*Elaine Cristina Cardoso Fidalgo*¹

*Ademir Fontana*¹

*Azeneth Eufrausino Schuler*¹

*Alexandre Ortega Gonçalves*¹

*Heitor Luiz da Costa Coutinho*¹

*José Marcus Godoy*³

*Raquel Andrade Donagemma*⁴

Introdução

Diversos fatores como as alterações climáticas, as mudanças no uso e cobertura da terra e a adoção de práticas de manejo inadequadas têm, historicamente, exercido pressões em diferentes graus sobre os recursos naturais, comprometendo a qualidade dos solos e da água, dentre outras consequências. Para a identificação, avaliação e valoração dos serviços ambientais ou ecossistêmicos e suas relações com a agropecuária, é preciso que se faça a avaliação e/ou monitoramento da qualidade destes recursos, por exemplo, em uma determinada unidade de planejamento rural, como é o caso das bacias ou microbacias hidrográficas, contribuindo para a preservação e recuperação dos agroecossistemas (TURETTA et al., 2010).

Muitas são as metodologias utilizadas no Brasil e no exterior para a realização desta avaliação e monitoramento da qualidade ambiental e sustentabilidade de áreas rurais, as quais, muitas vezes, dependem de situações específicas do ambiente a ser avaliado. Nestes estudos é comum a utilização de indicadores ou índices, permitindo melhor compreensão dos resultados e fornecendo subsídios à tomada de decisão (CHAER, 2010; MENEZES et al., 2010; RODRIGUES, 2010). Entretanto, é preciso que haja iniciativas visando sistematizá-las e padronizá-las, buscando, por exemplo, indicadores comuns entre diferentes regiões que permitam a realização de análises comparativas para verificar o grau do provimento de serviços ecossistêmicos e

¹ Pesquisador da Embrapa Solos. E-mail: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

² Pesquisador da Embrapa Agrobiologia.

³ Pesquisador da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - Departamento de Química.

⁴ Professora da Universidade Federal Fluminense - Instituto de Química.

ambientais e sua relação com práticas conservacionistas adotadas.

A Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT - MEA, 2005) foi uma iniciativa mundial inovadora e pioneira, a qual vem se tornando um modelo e referência para diversos estudos e projetos internacionais e que tem como propósito avaliar serviços ambientais ou ecossistêmicos. A metodologia de Avaliação Ecosistêmica do projeto Milênio foi baseada na metodologia do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). O IPCC é uma organização científica que foi criada em 1998, pela Organização Meteorológica Mundial e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), tendo como missão analisar de forma exaustiva, objetiva, aberta e transparente informações técnico-científicas e socioeconômicas disponíveis sobre as mudanças climáticas. Desta forma, a Avaliação Ecosistêmica do Milênio baseou-se também em uma rede de especialistas acoplada a um complexo processo de revisores (MOONEY et al., 2004). De modo geral, a metodologia utilizada na MEA tomou como foco da avaliação o bem-estar humano em diferentes escalas: local, regional e global, considerando a dinâmica entre o bem-estar humano e os serviços ecossistêmicos, assim como a influência das condicionantes diretas e indiretas de mudanças.

Diversos são os aspectos a serem considerados neste tipo de metodologia de avaliação ambiental levando em conta os aspectos da paisagem, tais como a escala de estudo, a unidade amostral, o número de amostras e as repetições, os métodos de amostragem e de análises laboratoriais para cada parâmetro ambiental, o método de seleção de indicadores, o método de análise dos resultados de forma integrada.

Para o monitoramento e avaliação ambiental considera-se que a área de estudo mais adequada seja a microbacia hidrográfica, cujo conceito será apresentado adiante, ao invés de parcelas experimentais, com delineamentos amostrais clássicos. Desta forma, é possível uma melhor compreensão da qualidade do ambiente e disponibilidade dos serviços ambientais e sua interação com as práticas agropecuárias, enfatizando a visão mais holística do sistema em questão.

No entanto, por menor que seja o tamanho de uma microbacia hidrográfica em paisagens rurais, o esforço amostral geralmente se torna muito grande para a avaliação ou monitoramento agroambiental, devido à grande

variabilidade de fatores ambientais, como relevo e tipo de solo, uso e cobertura da terra. Sendo assim, é preciso que a amostragem seja otimizada e ao mesmo tempo representativa da heterogeneidade presente no espaço e no tempo. Neste sentido, várias técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e estatística podem ser utilizadas conjuntamente para a obtenção de resultados satisfatórios.

A presente publicação tem como propósito apresentar proposta metodológica para amostragem de solo e água, no nível de microbacia hidrográfica, para fins de avaliação e monitoramento de serviços ambientais em paisagens rurais com elevado nível de diversificação do uso e cobertura da terra.

Esta metodologia foi iniciada em projetos desenvolvidos na microbacia hidrográfica do córrego Pito Aceso por uma equipe da Embrapa Solos (COUTINHO et al., 2006) e o seu aprimoramento foi previsto na forma de meta e desenvolvido no âmbito do Componente 3: *Seleção de indicadores de qualidade de solo e água* do projeto: *Dinâmica da paisagem associada a indicadores para subsidiar o planejamento agroambiental em áreas de Mata Atlântica* (registro na Embrapa - 0209010210000), liderado e desenvolvido pela Embrapa Solos e parceiros no período de 2010 a 2012.

Avaliação e monitoramento de serviços ambientais em escala de paisagem, com destaque para solo e água

As pressões antrópicas sobre os serviços ecossistêmicos e ambientais estão relacionadas, muitas vezes, à dinâmica de uso e cobertura da terra, às alterações nos ciclos biogeoquímicos, à destruição e fragmentação dos ambientes, à introdução de novas espécies e às interferências das atividades humanas no clima (SALA et al., 2000). No entanto, é preciso conhecer os reais impactos e alterações ambientais como subsídio ao planejamento e gestão dos recursos naturais por meio de avaliação e monitoramento.

A avaliação equivale ao levantamento e sistematização de dados e/ou informações, em um determinado momento de um projeto, processo, etc., permitindo apreciar ou estimar o valor, estado ou condição de algo. Alguns exemplos comuns são a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), a Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto ao

Meio Ambiente (RIMA). Estes são instrumentos preventivos e previstos em lei, utilizados nas políticas ambientais e na gestão ambiental para identificar impactos potenciais que um projeto, empreendimento ou política pública possam causar ao ambiente, visando traçar medidas mitigadoras e formas de fiscalização.

Já o monitoramento consiste na coleta sistemática e contínua de dados ou informações para checar os impactos de um projeto, processo, etc., ao longo do tempo, visando melhorar a eficiência das ações e o cumprimento de metas. No caso do monitoramento ambiental, este visa mensurar principalmente os impactos negativos ou positivos de um determinado empreendimento ou ação. O monitoramento da qualidade da água pode ser definido como um esforço direcionado para obter informações qualitativas a respeito das características físicas, químicas e biológicas da água, via amostragens periódicas dos corpos d'água (SANDERS et al., 1983). Por sua vez, o monitoramento da qualidade do solo consiste na avaliação de um conjunto de características químicas, físicas e biológicas, determinadas a partir de amostras de camadas superficiais do solo (normalmente de 0 a 20 cm), utilizadas para avaliar o impacto de mudanças no uso da terra ou de práticas de manejo do solo.

Independente do componente ambiental a ser avaliado ou monitorado, é preciso primeiramente definir a unidade ou escala de monitoramento.

Nas últimas décadas, a comunidade científica tem proposto diversas metodologias de monitoramento e modelagem na escala de bacia hidrográfica (DICKINSON; COLLINS, 1998; RICKSON, 2006). No caso do entendimento dos processos erosivos, essas metodologias tem contribuído de forma substancial para integração das informações obtidas em diferentes escalas, permitindo com isso compreender adequadamente as diversas fases do processo erosivo (destacamento, transporte e deposição do solo), bem como os elos entre os diferentes componentes do sistema (fontes, redes de transporte, depósitos, rede fluvial).

Em relação à unidade de estudo, a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, incorpora princípios e normas para a gestão de recursos hídricos adotando a definição de bacias hidrográficas como unidade de estudo. Diversas definições de bacia hidrográfica foram formuladas ao longo do tempo. No estudo de Teodoro et al. (2007), encontra-se uma compilação dessas definições e o tamanho

proposto para cada categoria de bacia. As definições compiladas guardam grande semelhança quanto ao recorte espacial de uma bacia hidrográfica, o qual é baseado na área de concentração de determinada rede de drenagem. Entretanto, as definições que envolvem as subdivisões da bacia hidrográfica (sub-bacia e microbacia), apresentam abordagens diferentes envolvendo tanto fatores físicos, tais como a hidrologia e geomorfologia da região, como aspectos ecológicos relacionados, por exemplo, ao papel ecológico que a configuração e tamanho de uma bacia exerce sobre os recursos hídricos e biodiversidade.

A microbacia, do ponto de vista físico, é uma unidade geográfica delimitada pelo relevo e composta por uma rede de córregos, que deságuam em um rio principal. Assim, a microbacia não se diferencia muito de uma bacia hidrográfica, a não ser pelo tamanho. Já do ponto de vista hidrológico, as bacias hidrográficas são classificadas em grandes e pequenas, não com base em sua superfície total, mas nos efeitos de certos fatores dominantes na geração do deflúvio. Por este ponto de vista, define-se "microbacia" a bacia hidrográfica cuja área é tão pequena que a sensibilidade às chuvas de alta intensidade e às diferenças de uso do solo não sejam suprimidas pelas características da rede de drenagem (LIMA; ZAKIA, 2001).

Sendo assim, não somente sob o aspecto hidrológico é pertinente considerar a microbacia como unidade de estudo, mas também sob o aspecto dos solos e do uso e cobertura da terra, uma vez que as características destes e as práticas agrícolas irão refletir direta ou indiretamente na qualidade e quantidade de água dos cursos d'água da microbacia em questão.

Devido à dificuldade de se planejar a intervenção em bacias hidrográficas devido ao seu tamanho extenso, com toda a sua complexidade e infinitas variáveis socioeconômicas e ambientais, surgiram os programas de microbacias financiados pelo Banco Mundial, em curso em todo o país. Neles, são discutidos os grandes problemas enfrentados, como a crescente degradação das terras e a conservação dos recursos hídricos, com intervenções em nível de microbacias (TEODORO et al., 2007).

Destaca-se ainda que pesquisadores da Embrapa têm desenvolvido diversos projetos com foco voltado à avaliação dos serviços ambientais em paisagens rurais. Estes projetos, principalmente no que tange à conservação dos recursos hídricos, vêm sendo desenvolvidos em escala de microbacia hidrográfica.

Em relação à amostragem de solos, há diversas metodologias recomendadas, dependendo do objetivo do estudo. Por exemplo, para efeito de aplicação de corretivos e fertilizantes no solo, tem-se recomendado dois tipos de amostragem: (a) ao acaso e, (b) sistematizada (EMBRAPA, 1997). Na amostragem ao acaso, a propriedade ou a área a ser amostrada deve ser dividida em glebas de até 10 hectares, numerando-se cada uma delas. As glebas devem ser homogêneas quanto ao uso anterior, tipo de solo e aspecto geral da vegetação. As glebas são percorridas em ziguezague, retirando-se 20 amostras simples, que devem ser misturadas, separando-se uma amostra composta de 0,50 kg para ser enviada ao laboratório. O método mais comum para a amostragem sistemática dos solos em uma área é o de sobrepor uma grade quadrada ou retangular em um mapa ou fotografia da área, identificar e dirigir ao local e coletar amostras de solos em cada célula. Dentro de cada célula, a amostragem pode ser ao acaso, coletando-se várias sub-amostras ou, pontual na qual as sub-amostras são coletadas em um raio de 3 a 6 m a partir de um ponto central. A recomendação do espaçamento das grades (malhas) para amostragens de solos varia de 60 x 60 m a 135 m x 135 m, em função da resolução desejada (precisão) associada aos custos (EMBRAPA, 1997).

Nas metodologias de avaliação ecossistêmica, geralmente são utilizados indicadores para se realizar a avaliação ou monitoramento dos serviços ecossistêmicos ou ambientais. Os indicadores começaram a ganhar importância mundialmente a partir de 1947, quando o Produto Interno Bruto (PIB) tornou-se conhecido como indicador de progresso econômico. Já os indicadores de políticas públicas mais utilizados até a década de 1980 foram os sociais e os econômicos. A busca de indicadores para a avaliação do nível de sustentabilidade de políticas e ações ambientais começou a ser enfatizada a partir dos anos 90, principalmente devido à Rio92 (MAGALHÃES JÚNIOR, 2007).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2007) os indicadores são informações mensuráveis, de cunho científico e de fácil compreensão, utilizadas nos processos de decisão em todos os níveis da sociedade, úteis como ferramentas de avaliação de determinados fenômenos, apresentando suas tendências e progressos que se alteram ao longo do tempo. Indicadores ambientais são estatísticas selecionadas que representam ou resumem alguns aspectos do estado do meio ambiente, dos recursos naturais e de atividades humanas relacionadas.

O primeiro esforço empreendido pelo MMA na construção de indicadores ocorreu quando foi assumido o compromisso junto ao Fórum de Ministros da América Latina e do Caribe, para compilação de um conjunto de indicadores que pudessem ser padronizados com os demais países da região. O resultado foi o Relatório de Acompanhamento da Iniciativa Latino Americana e Caribenha, a ILAC Brasil (BRASIL, 2007). Este trabalho foi realizado com participação do MMA, da Agência Nacional de Águas (ANA), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), com apoio direto do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).

Um método interessante de avaliação agroambiental aplicado no Brasil que pode ser mencionado é o APOIA-NOVORURAL (RODRIGUES, 2010) que visa implementar a gestão ambiental em propriedades rurais, segundo o modelo pressão/estado/resposta da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 1993). O sistema consta de um conjunto de 62 indicadores ambientais construídos em matrizes escalares de ponderação (RODRIGUES, 1998). De modo geral, além do método supracitado, outros foram desenvolvidos, como aqueles relacionados ao tema Ecologia da Paisagem. No entanto, apresentá-los e discuti-los foge ao escopo desta publicação.

Pode-se afirmar que, quando se pretende avaliar extensas áreas quanto à qualidade da sua paisagem como um todo, e não somente relativo aos serviços ecossistêmicos e ambientais individualizados, torna-se necessária a aplicação de geotecnologias. Por meio das geotecnologias é possível fazer a interpretação de imagens de satélite, com vista a acompanhar a dinâmica do uso da terra. Algumas técnicas incluem o cálculo de métricas de paisagem para avaliar o grau de fragmentação, além da sobreposição e ponderação de mapas, permitindo identificar áreas críticas em termos de degradação ambiental e fatores que interferem na disponibilidade dos serviços ecossistêmicos ou ambientais.

As geotecnologias podem subsidiar, por meio de correlações diretas e indiretas, a avaliação e o monitoramento do agroecossistema em questão e o reflexo nos serviços ecossistêmicos e ambientais. Por exemplo, a identificação de solo exposto, de ravinas e voçorocas próximos às nascentes ou rios em uma bacia hidrográfica é indicador da existência de processos erosivos, indicando

assoreamento dos corpos d'água e redução da provisão de água de boa qualidade à população local para fins de abastecimento. Outros exemplos seriam o percentual de florestas e de áreas naturais de uma região ou o nível de fragmentação das mesmas, podendo ser um indicativo da presença ou não de determinadas espécies, como certos polinizadores, que são responsáveis por serviços ecossistêmicos ou ambientais prestados à agricultura.

Quando se trata do mapeamento e modelagem dos serviços ambientais, um conjunto de ferramentas computacionais vem sendo disseminadas e utilizadas internacionalmente. Esse conjunto é denominado de *Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs* (InVEST) (InVEST, 2014). O InVEST permite que os tomadores de decisão possam quantificar a importância do capital natural a fim de avaliar as vantagens e desvantagens associadas às escolhas e alternativas, integrando a conservação ao desenvolvimento humano. O InVEST permite modelar a qualidade da água, a provisão de água para irrigação e produção de energia, a conservação do solo, o sequestro de carbono, a polinização, considerando também valores culturais e espirituais, recreação e turismo, entre outros serviços ambientais.

É possível ter acesso gratuito ao InVEST e ao seu manual de utilização no endereço eletrônico (InVEST, 2014). O InVEST possui a vantagem em relação a outros modelos matemáticos similares em relação à resolução espacial das análises ser flexível, permitindo que os usuários possam utilizá-lo para diversos fins nas escalas local, regional ou global, sendo a unidade de mapeamento a bacia hidrográfica. Neste mesmo endereço eletrônico podem ser encontradas diversas publicações elaboradas pela equipe que compõe o Projeto Capital Natural, no qual o InVEST foi desenvolvido, coordenado pela Universidade de Stanford na Califórnia, Estados Unidos, em parceria com diversas instituições, permitindo encontrar diversos exemplos de aplicação prática.

Estudo de caso de amostragem em unidades pedoambientais para avaliação e monitoramento de solo e água em microbacias

Área de estudo

A metodologia de amostragem de solo e água aqui proposta foi aplicada em duas microbacias hidrográficas localizadas na região Serrana fluminense, a saber: a microbacia do córrego Pito Aceso (aproximadamente 500 ha) localizada no município de Bom Jardim, RJ e a

microbacia do rio Batatal (aproximadamente 3.700 ha) localizada no município de Cachoeiras de Macacu, RJ (Figura 1). Ambas foram selecionadas por se tratarem de regiões representativas quanto aos aspectos ambientais e/ou socioeconômicos de parte do Estado do Rio de Janeiro. Nelas é desenvolvida a agropecuária familiar, com predomínio de pastagens e olerícolas ou culturas perenes em relevo movimentado, entremeados por fragmentos de vegetação natural.

Seleção das unidades pedoambientais na área de estudo

Unidades pedoambientais (UPs) são aqui consideradas como áreas ou polígonos contidos dentro de uma unidade de monitoramento (por exemplo, uma microbacia) possuindo características únicas de tipo de solo e tipo de uso e cobertura da terra. A Unidade Pedoambiental (UP) pode constituir uma unidade de amostragem a ser utilizada para a avaliação e monitoramento da qualidade do solo ou de outros parâmetros ambientais de uma dada microbacia. Para a seleção das UPs nas áreas de estudo foram utilizados os mapas de solo, de uso e cobertura da terra e Modelo Digital de Elevação (MDE).

O mapa de solos da microbacia do Pito Aceso foi publicado na escala 1:10.000 (CHAGAS et al., 2012a). O mapa de uso e cobertura da terra também foi publicado na mesma escala a partir do processamento de imagens Ikonos de alta resolução (PRADO et al., 2010). O MDE para a microbacia do Pito Aceso foi obtido a partir de base cartográfica contratada na escala 1:10.000. Já o MDE da outra microbacia Batatal foi obtido a partir de base cartográfica do IBGE na escala 1:50.000. Os mapas de MDE foram utilizados apenas para checar a variabilidade espacial das altitudes em ambas as bacias, não sendo utilizados para obtenção das UPs na paisagem. Isso ocorreu por se considerar que a variabilidade do relevo já é expressa no tipo de solo, lembrando que o relevo constitui um dos cinco fatores de formação dos solos além do clima, material de origem, organismos e do tempo (JENNY, 1941).

A partir da utilização de unidades pedoambientais para amostragem de solos para avaliação da sua qualidade utilizando mapas em diferentes escalas, foi possível concluir que a escala dos mapas da microbacia do Pito Aceso que possuíam uma escala mais detalhada (1:10.000) em relação à microbacia do Batatal, foi mais adequada para este tipo de estudo. Desta forma, optou-se pelo detalhamento da metodologia de amostragem tomando como estudo de caso aquela microbacia.

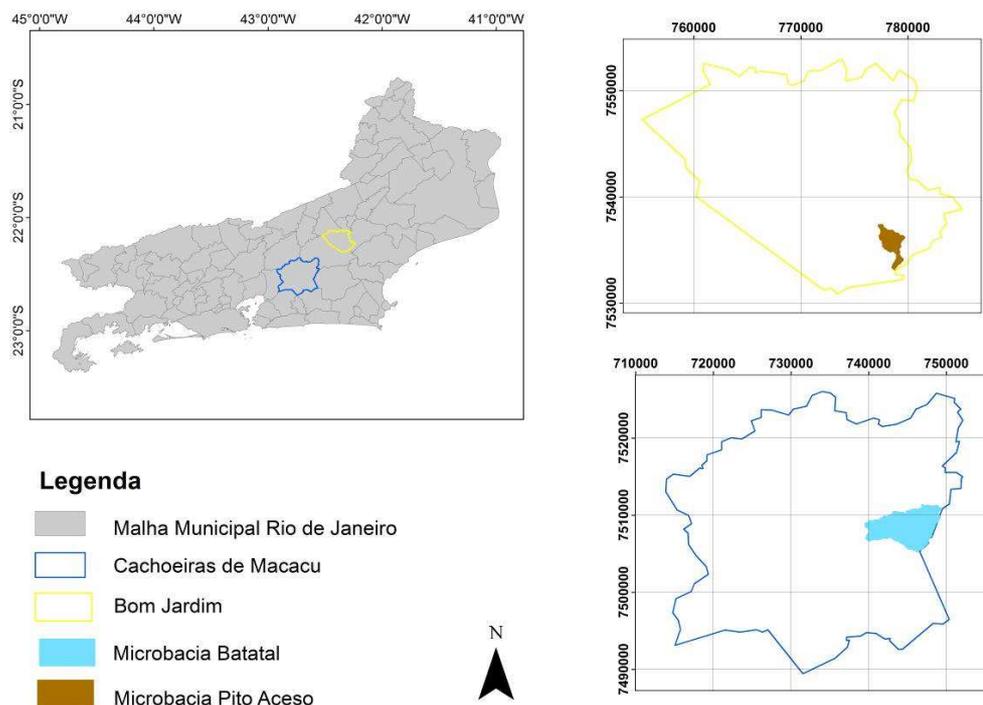


Figura 1. Localização das microbacias amostradas e seus respectivos municípios no Estado do Rio de Janeiro.

Para a integração digital das informações de solos e uso e cobertura da terra na escala 1:10.000 da microbacia do Pito Aceso, aplicou-se a ferramenta denominada Hipercubo Latino condicionado (cLHS), que fornece uma forma eficiente de seleção de locais de amostragem a partir de múltiplas variáveis, considerando-se suas distribuição espacial (MINASNY; McBRATNEY, 2006). A partir daí foram identificados aproximadamente 70 possíveis pontos potenciais de amostragem. Estes pontos foram superpostos ao mapa de unidades pedoambientais (polígonos obtidos a partir da sobreposição dos mapas de solos e usos e cobertura da terra no software ArcGIS10), auxiliando assim na seleção das unidades pedoambientais a serem amostradas. No entanto, outras ferramentas de geoprocessamento poderão ser utilizadas para a obtenção das UPs, podendo-se incluir nesta etapa outros fatores ambientais, de acordo com o propósito da avaliação ou monitoramento.

Antes de ocorrer a amostragem em campo, a equipe se reuniu para avaliar se os pontos gerados pelo método Hipercubo Latino condicionado estavam realmente representando a variabilidade espacial da microbacia em termos das classes de uso e cobertura da terra e de grupamento de solos predominantes. Sendo assim, alguns ajustes (eliminação de alguns pontos e inserção de outros) foram necessários no processo, sendo selecionadas 60 UPs a serem amostradas. A amostragem ocorreu em uma única campanha de campo em maio de 2011.

As Figuras 2, 3 e 4 apresentam, respectivamente, os mapas dos grupos de solos, de uso e cobertura da terra e dos pontos amostrados sobrepostos à imagem do satélite de alta resolução Ikonos e aos grupos de solos. As classes de uso e cobertura da terra consideradas foram: mata em estágio inicial de regeneração, mata em estágio avançado, pastagem (incluindo pasto limpo e pasto sujo; sendo que a diferença entre ambos é que no pasto sujo há presença de vegetação natural arbustiva pelo fato de não ser utilizado), culturas anuais e culturas perenes. Não foram amostradas as classes solo exposto, afloramento rochoso e área construída do mapa da Figura 3.

Pelo fato do mapa de solos identificar uma grande heterogeneidade de classes de solos nesta microbacia, o que implicaria em número ainda maior de pontos de amostrais, optou-se por agrupar algumas classes de mapeamento observadas por Chagas et al. (2012a) conforme apresentado na Tabela 1. Foram obtidos 14 grupos de grupamentos, incluindo o grupo 1 de afloramento de rocha. Desta forma, o grupo 1 não foi amostrado por ser rochoso e nem o grupo 12, por se tratar de área da microbacia pouco significativa em relação à área total.

Tabela 1. Grupamentos, classes de solos agrupadas e critérios de agrupamento.

| Grupos | Classes | Unidades de mapeamento | Critério de agrupamento |
|----------|--|---------------------------|--|
| Grupo 1 | AFLORAMENTOS DE ROCHA | AR | - |
| Grupo 2 | CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico e CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico | CHd1, CHd2 e CHd3 | Mesma classe até o 2º nível categórico |
| Grupo 3 | CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A moderado + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado | CXbd2 e CXbd4 | Mesma classe até o 4º nível categórico + tipo de horizonte superficial (A moderado) |
| Grupo 4 | CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A proeminente | CXbd1 e CXbd3 | Mesma classe até o 4º nível categórico + tipo de horizonte superficial (A proeminente) |
| Grupo 5 | CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A proeminente | CXbe | Único indivíduo da classe |
| Grupo 6 | GLEISSOLO HÁPLICO Ta ou Tb Distrófico neofluvisólico | GXvd | Mesma classe até o 4º nível categórico, agrupando solos com diferentes atividade da argila no horizonte Cg |
| Grupo 7 | LATOSSOLO AMARELO Distrófico húmico | LAd1 e LAd2 | Mesma classe até o 4º nível categórico |
| Grupo 8 | LATOSSOLO VERMELHO Distrófico cambissólico + Associação de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico cambissólico, A moderado e CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A proeminente | LVAd1, LVAd2, LVd1 e LVd2 | Mesma classe, desconsiderando variação do nível de subordem (cor) |
| Grupo 9 | ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico, A moderado + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado + ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico, A proeminente | PAd, PVAd1, PVAd2 e PVd2 | Mesma classe, desconsiderando variação do nível de subordem (cor) |
| Grupo 10 | ARGISSOLO VERMELHO Distrófico latossólico, A proeminente | PVd1 | Único indivíduo da classe |
| Grupo 11 | ARGISSOLO AMARELO Eutrófico típico, A proeminente | PAe2 | Único indivíduo da classe |
| Grupo 12 | ARGISSOLO AMARELO Eutrófico típico, A moderado | PAe1 | Único indivíduo da classe |
| Grupo 13 | ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, A húmico | PVe | Único indivíduo da classe |
| Grupo 14 | NEOSSOLO LITÓLICO Húmico típico + AFLORAMENTOS DE ROCHA | RLd1 e RLd2 | Mesma classe até o 4º nível categórico + aforamento de rocha |

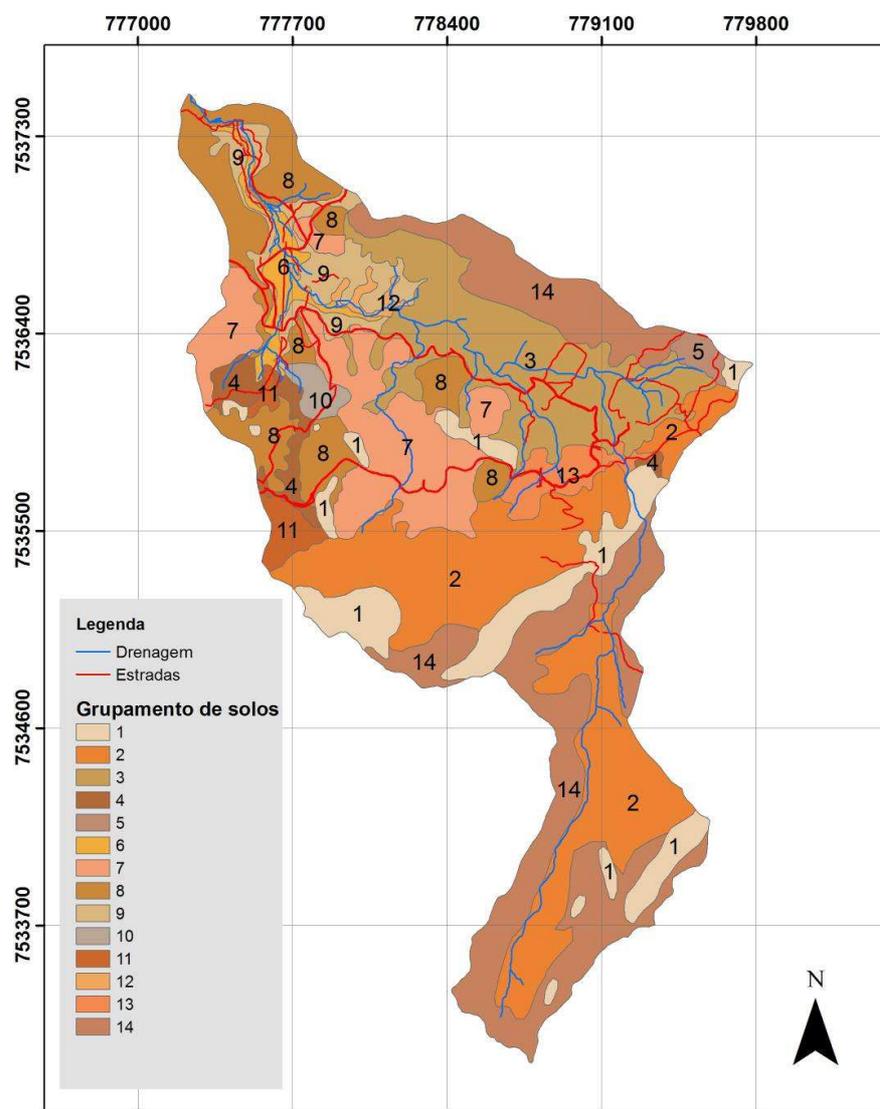


Figura 2. Mapa dos grupos de solos descritos na Tabela 1, gerado a partir de mapa de solos na escala 1:10.000 da microbacia Pito Aceso. Fonte: Chagas et al. (2012a).

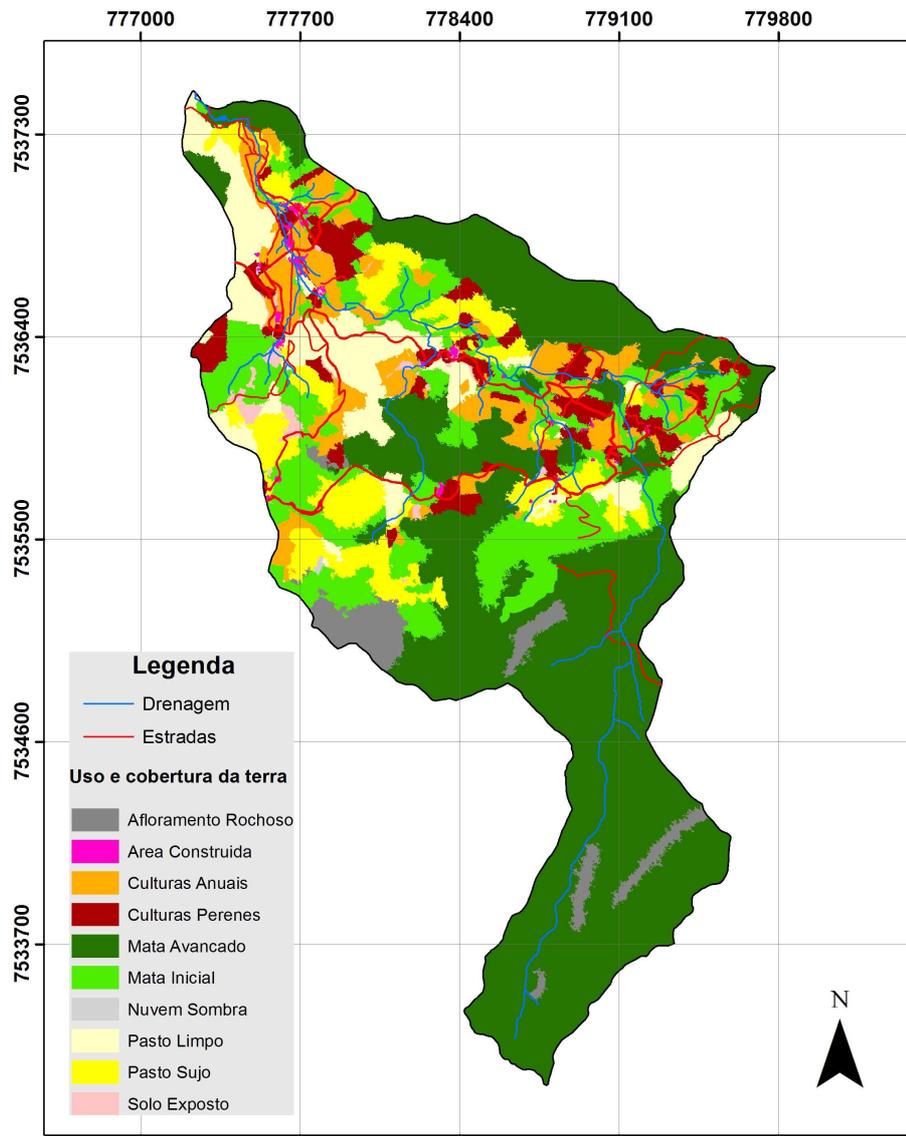


Figura 3. Mapa apresentando as classes de uso e cobertura da terra na escala 1:10.000 da microbacia Pito Aceso. Fonte: Prado et al. (2010).

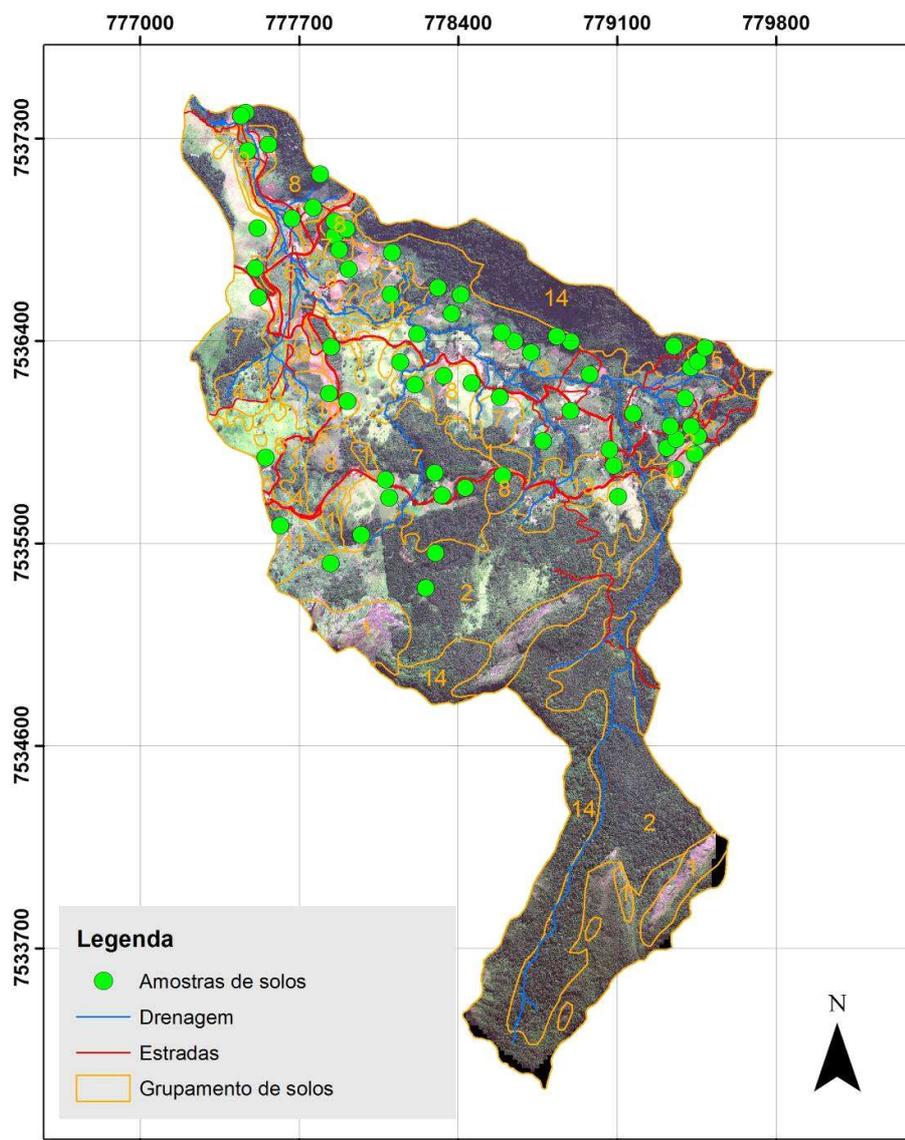
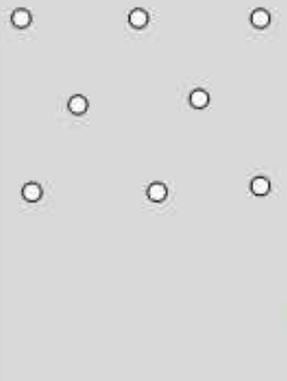
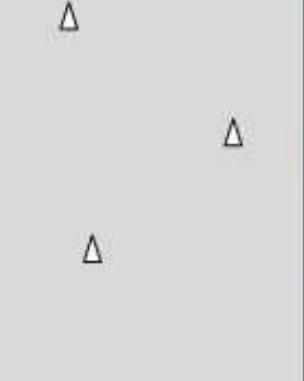


Figura 4. Mapa dos pontos amostrais para avaliação da qualidade do solo sobre limites dos grupos de solos e imagem de satélite de alta resolução da microbacia Pito Aceso, Bom Jardim, RJ.

Amostragem de solos

Nas UD's selecionadas, foram coletadas amostras deformadas e indeformadas visando atender às análises químicas, físicas e biológicas (microbiologia e fauna) do solo. A Figura 5 apresenta uma representação do desenho amostral para cada tipo de análise, ressaltando que as UD's possuem formatos diferenciados na realidade, mas a título de representação são apresentadas na forma retangular na Figura 5. Também o número de pontos representados nesta figura não são equivalentes aos 60 pontos amostrados no campo, são apenas para exemplificar.

Para a caracterização dos atributos químicos e microbiológicos do solo, o desenho amostral gerou 120 amostras de solos, representando 60 pontos amostrais, em duplicata. Cada amostra composta foi confeccionada a partir da mistura de no mínimo oito amostras simples de solo de igual volume e que foram retiradas da profundidade de 0-10 cm, com auxílio de um trado holandês. Uma vez homogêneas em campo, cada amostra foi subdividida em duas partes, sendo uma parte acondicionada em caixa térmica com gelo, a qual foi destinada às análises microbiológicas, e outra acondicio-

| Amostragem para análise química e microbiológica do solo | Informação adicional | Amostragem para análise da fauna do solo | Informação adicional |
|---|--|--|--|
|  | A profundidade de amostragem foi de 0-10 cm e o volume total da amostra composta foi dividido em 2, sendo ½ destinada à análise da fertilidade e carbono orgânico do solo e ½ foi acondicionada em gelo para análise microbiológica. |  | Foram utilizadas armadilhas em triplicata por UP em transecto orientado no sentido da vertente, ao longo dos terços superior, médio e inferior do terreno, para captura dos invertebrados do solo. |

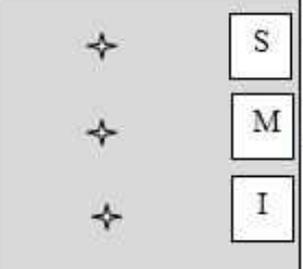
| Amostragem para análise física do solo | Informação adicional | LEGENDA: |
|---|--|---|
|  | Amostras simples indeformadas com anel volumétrico na profundidade 2,5 – 7,5 cm. | <p>○ Amostragem composta</p> <p>✦ Amostragem simples em triplicata</p> <p>△ Amostragem simples em triplicata</p> <p>S Terço superior</p> <p>M Terço médio</p> <p>I Terço inferior</p> <p>□ Unidade Pedoambiental (UP)</p> |

Figura 5. Representação do desenho amostral em UPs para cada tipo de análise do solo (química, física, microbiológica e de fauna).

nada em saco plástico identificado. Estas últimas foram encaminhadas para a Embrapa Solos onde foram secas ao ar, peneiradas (2 mm) e encaminhadas ao Laboratório de Análise de Água, Solo e Planta (LASP). Subamostras dos solos foram secas ao ar, peneiradas (2 mm) e analisadas quimicamente. As seguintes determinações químicas foram realizadas: P (extração por HCl) e K (Mehlich-1) disponíveis; pH (em água, 1:2,5); Ca, Mg e Al (determinado por compleximetria); acidez total H + Al (extraídos com acetato de Ca 1N, pH 7.0). As análises foram realizadas de acordo com os protocolos da Embrapa (2012). O carbono orgânico total foi determinado por combustão seca, com auxílio de um analisador automático Multi EA 2000 (Analytik Jena AG, Jena, Alemanha). Determinou-se também a granulometria dessas amostras. Para tanto se utilizou NaOH 1N como dispersante e agitação lenta da amostra por 16h, 150 rpm. A fração areia é recolhida pela penei-

ra de 0,053 mm e a argila determinada pelo densímetro. O silte é estimado por diferença em relação ao peso total (EMBRAPA, 1997). Para o estudo de compartimentação da matéria orgânica e sua dinâmica nos diferentes usos e situações ambientais, procedeu-se o fracionamento físico da matéria orgânica, segundo Cambardela e Elliot (1992) adaptada por Figueiredo et al. (2010). Por meio dessa metodologia é possível estimar quantidades das frações orgânica particulada, mais lábil e a associada à fração mineral do solo.

Objetivando avaliar a qualidade física das UPs selecionadas, procedeu-se ainda a divisão de cada unidade em três terços (superior, médio e inferior) seguindo a pendente das encostas, constituindo três repetições. Em cada um dos terços foi retirada uma amostra indeformada, na profundidade de 0-10 cm. Sendo retirados blocos para avaliar o estado de agregação e anéis

volumétricos de 100 cm³ onde foram determinadas a densidade do solo (ds) e a densidade de partículas (dp) pelo método do balão volumétrico, microporosidade (Micro) pela mesa de tensão, e calculada a porosidade total (PT) a partir da equação 1 (DONAGEMMA et al., 2011).

$$\text{Porosidade total} = (1 - (ds/dp)) * 100 \quad (1)$$

A macroporosidade foi obtida pela equação 2:

$$\text{Macroporosidade} = \text{PT} - \text{Micro} \quad (2)$$

No caso da avaliação da fauna de solo, foram utilizadas três armadilhas de queda ou “pitfall” (MOLDENKE, 1994) (Figura 6) por unidade pedoambiental. Estas armadilhas consistem de recipientes plásticos cilíndricos de 1L, contendo 200 mL de uma solução de formol a 4%, que são enterrados ao nível do solo e permanecem em campo por sete dias. Os invertebrados do solo, que colonizam a interface serrapilheira-solo, são capturados ao se deslocarem em busca de alimento e abrigo. Após serem retiradas do campo, as armadilhas foram examinadas em laboratório e os indivíduos capturados foram identificados ao nível de ordem, sendo registradas as suas abundâncias.



Foto: Maria Elizabeth Fernandes Correia.

Figura 6. Armadilha de queda instalada em área de cultura anual na microbacia do Pito Aceso, Bom Jardim-RJ.

Amostragem de água

A unidade amostral para avaliar e monitorar impactos do uso e cobertura da terra na qualidade da água é diferente da unidade a se amostrar para avaliar a qualidade do solo, pois a água é dinâmica na natureza.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 1997, incorpora princípios e normas para a gestão de recursos hídricos adotando a definição de bacias hidrográficas como unidade de estudo e gestão. Assim, é de grande importância para gestores e pesquisadores a compreensão do conceito de bacia hidrográfica e de suas subdivisões. Barrella et al. (2001) definem bacia hidrográfica como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocarem no oceano.

Como se pretendia identificar o impacto do uso e cobertura da terra e tipos de solos na qualidade da água de microbacias que são bacias hidrográficas menores (LIMA; ZAKIA, 2001), no caso do córrego Pito Aceso em escala bastante detalhada (1:10.000), optou-se por utilizar como unidade a sub-bacia hidrográfica (bacias dos afluentes do córrego em questão), cuja delimitação foi obtida no software ArcGIS 10, a partir do mapa de drenagem e das curvas de nível e pontos cotados das microbacias estudadas.

Para tal, no caso da microbacia Pito Aceso, foram georreferenciados e amostrados os exutórios das sub-bacias (delimitadas no ArcGIS 10, utilizando o módulo de análise espacial Arcswat), além de alguns pontos ao longo do córrego Pito Aceso e no exutório final da microbacia, totalizando 12 pontos (Figura 7). Como a microbacia possui apenas 500 ha, acredita-se que o número de pontos selecionados para a amostragem sejam suficientes para avaliar a situação de degradação da qualidade da água, levando-se em conta os diversos usos e o percentual de cobertura vegetal presentes.

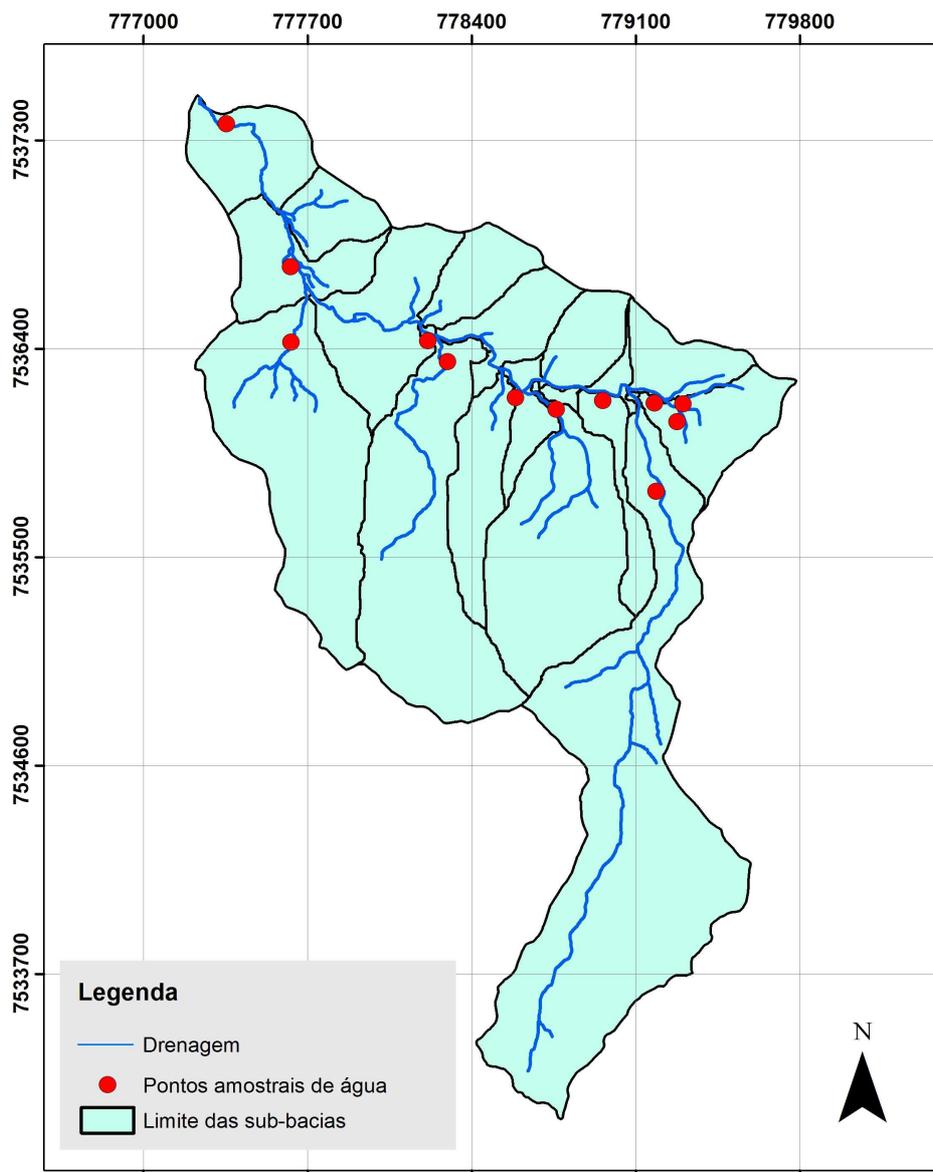


Figura 7. Mapa apresentando os pontos de amostragem para avaliação da qualidade da água na microbacia Pito Aceso, município de Bom Jardim, RJ.

Inicialmente, foram identificadas as fontes de poluição pontuais e difusas da água nas microbacias de estudo, sendo as principais o lançamento de esgoto doméstico (pequenas comunidades agrícolas sem tratamento prévio), os processos erosivos, que no momento de chuvas intensas favorecem o transporte de sedimentos via escoamento superficial até os corpos hídricos, bem como resíduos de práticas agrícolas como fertilizantes e pesticidas, além de resíduos de fezes do gado e presença de lixo na água. Este tipo de informação auxilia na seleção dos parâmetros a serem avaliados ou monitorados em relação à qualidade da água.

Em cada ponto amostral no caso da microbacia do córrego Pito Aceso (Figura 7) foram medidos os parâmetros pH, condutividade elétrica, temperatura da água, oxigênio dissolvido e turbidez *in situ*, com auxílio de um analisador de qualidade da água portátil. Em cada ponto amostral foi coletado um litro de água para análise em laboratório dos cátions, ânions, parâmetros da série nitrogenada e fosfatada e sólidos. Inicialmente foi feita filtragem em filtro de fibra de vidro 0,45 μm . No caso dos cátions, coloca-se 100 μm de ácido nítrico em cada alíquota e leva-se à geladeira. As alíquotas para a análise dos ânions deve ser congelada, caso a análise não ocorra imediatamente ao chegar ao laboratório, bem como para as alíquotas para análise dos parâmetros das séries nitrogenada e fosfatada. As amostras foram acondicionadas em caixa térmica com gelo e transportadas ao laboratório. Para análise dos coliformes totais e termotolerantes foi utilizado o método dos múltiplos tubos e do Número Mais Provável (NMP) conforme American Public Health Association (2005).

Para análise de sólidos dissolvidos, suspensos e totais, utilizou-se o método gravimétrico. Os métodos de análise em laboratório para cátions e ânions seguiram aqueles preconizados por American Public Health Association (2005), sendo a série nitrogenada e fosfatada determinada empregando-se testes espectrofotométricos Merck da série Spectroquant® (GODOY, 2009). Também foram coletadas amostras de água nos mesmos pontos em vidro âmbar para análise de avermectinas, que foram analisadas por meio de cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por ultravioleta (CLAE-UV) e detecção por fluorescência (CLAE-Fluo) em fase reversa (LEMOS, 2012).

Considerações Finais

- A amostragem de solo e água para avaliação e monitoramento de serviços ambientais em paisagens rurais deve levar em conta a variabilidade dos fatores formadores das paisagens rurais em escala de microbacia.
- A amostragem em unidades pedoambientais é interessante uma vez que leva em conta a variabilidade dos fatores ambientais como tipos de solo, uso e cobertura da terra e relevo, permitindo identificar zonas homogêneas onde o manejo agropecuário pode ser recomendado de forma mais direcionada, otimizando a aplicação de insumos e favorecendo a manutenção dos serviços ecossistêmicos.
- Para a geração dos pontos ou polígonos potenciais para amostragem em campo, visando representar a variabilidade espacial das unidades pedoambientais da região, pode-se fazer uso de diferentes técnicas de geoprocessamento, desde que se leve em conta a informação do tipo de solo e uso e cobertura da terra, podendo também ser considerado o relevo, o manejo da terra e aspectos socioeconômicos, dependendo do objetivo e escala de trabalho.
- Recomenda-se que a campanha de campo para a realização das amostragens de solos possa ocorrer conjuntamente para os diferentes tipos de parâmetros a serem analisados: físicos, químicos, microbiológicos e fauna, para que possam ser comparados ou correlacionados, estando sob mesmas condições ambientais.
- Em relação à amostragem para avaliar ou monitorar a qualidade da água, a sub-bacia hidrográfica permite identificar a relação dos diferentes usos e cobertura da terra de forma mais localizada, facilitando a correlação com as fontes pontuais ou difusas de poluição. Permitindo assim a identificação de zonas homogêneas de manejo e gestão de recursos hídricos em uma bacia hidrográfica.
- O avanço desta abordagem metodológica é bastante promissor perante a necessidade de avaliação e acompanhamento da geração e manutenção dos serviços ambientais no desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável. Um próximo passo seria a análise integrada dos resultados relativos aos atributos de solo e água. E ainda a aplicação de uma análise multivariada levando-se em conta os tipos de solos e de uso e cobertura da terra nas UPs. Assim será possível selecionar os parâmetros mais sensíveis às pressões antrópicas e alterações ambientais, que seriam realmente os indicadores viáveis e recomendáveis para utilização em regiões com características similares.

Agradecimentos

Aos técnicos de campo Fabiano de Oliveira Araújo (Embrapa Solos), Carlos Fernando da Cunha, Telmo Félix e Roberto Silva de Oliveira (Embrapa Agrobiologia), bem como ao estagiário Fernando Vieira Cesário (mestrando em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro) que nos apoiaram incansavelmente nas amostragens em campo no âmbito do presente projeto.

Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19 ed. Washington: APHA, 1995. 1134 p.

BARRELLA, W.; JUNIOR M. P.; SMITH W. S.; MONTAG L. F. A. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Edusp, 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Iniciativa latino-americana e caribenha para o desenvolvimento sustentável - ILAC: indicadores de acompanhamento**. Brasília, DF: MMA, 2007.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, p. 777-783, 1992.

CHAEER, G. M. Métodos de integração de indicadores para avaliação da qualidade do solo. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P.; ANDRADE, A. G. (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 309-324.

CHAGAS, C. S.; CALDERANO FILHO, B.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; BHERING, S. B. **Levantamento semidetalhado dos solos da microbacia do córrego do Pito Aceso, município de Bom Jardim, região serrana do estado do Rio de Janeiro – RJ**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012a. Relatório.

CHAGAS, C. S.; CARVALHO JUNIOR, W. C.; PEREIRA, N. R.; BHERING, S. B.; FONSECA, O. O. M.; PINHEIRO, H. S. K.; JEUNE, W. **Solos das bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu**. [Rio de Janeiro], 2012b. 130 p. Relatório referente ao contrato número 6000.00419115.08.2 da Petrobras (não publicado).

COUTINHO, H. L. C.; PRADO, R. B.; DONAGEMMA, G. K.; POLIDORO, J. C.; GONÇALVES, A. O.; ANDRADE, A. G. **Qualidade de solo e água como indicadores de recuperação de áreas degradadas submetidas a manejo agroflorestal**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 38 p. (Embrapa Solos. Documentos, 100).

DICKINSON, A.; COLLINS, R. Prediction erosion and sediment yield at catchment scale. In: VRIES, F. W. T. P. et al. (Ed.). **Soil erosion at multiple scales: principles and methods for assessing causes and impact**. New York: CAB, 1998.

DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997.

FIGUEIREDO, C.C.; RESCK, D.V.S.; CARNEIRO, M. A. C. Labile and stable fractions of soil organic matter under management systems and native cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 907-916, 2010.

GODOY, M. J.; PRADO, R. B.; SOLURI, D. S. Aplicação de índice de qualidade de água na microbacia do córrego Pito Aceso-RJ: vivência experimental em campo para alunos de graduação da PUC-Rio. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 18., **Anais...** 2009, Campo Grande. Porto Alegre: ABRH, 2009.

INVEST. **Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs**. Disponível em: <<http://www.naturalcapitalproject.org/InVEST.html>>. Acesso em: 10 jun. 2013.

JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York: Mac Graw Hill, 1941, 281 p.

LEMONS, M. A. T. **Desenvolvimento de metodologia para a quantificação de avermectinas em água por CLAE-UV e por CLAE-Fluo: aplicação à microbacia do córrego Pito Aceso, RJ**. 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal Fluminense. Niterói.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp, 2001. p. 33-44.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 688 p.

MENEZES, J. M.; PRADO, R. B.; SILVA JÚNIOR, G. C.; SANTOS, R. T. Índices de qualidade de água: métodos e aplicabilidade. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P.; ANDRADE, A. G. (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 325-352.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). **Ecosystems and human well-being: Synthesis**. Washington: Island Press, 2005.

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B. Regression rules as a tool for predicting soil properties from infrared reflectance spectroscopy. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 34, n.1, 2008.

MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H.; REICHERT, J. M.; CASSOL, E. A. Processos e modelagem da erosão: da parcela à bacia hidrográfica. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P.; ANDRADE, A. G. (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 105-122.

MOLDENKE, A. R. Methods of Soil Analysis, Part 2. Microbiological and biochemical properties. In: SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Arthropods**. [Madison], 1994. SSSA Book Series, nº 5.

MOONEY, H. A.; CROPPER, A.; REID, W. The Millennium ecosystem assessment: what is it all about? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 19, p. 221-224, 2004.

OCDE. **Core set of indicators for environmental performance reviews**. Paris, 1993. Environmental Monographs, 83.

PRADO, R. B.; BARCELLOS, T. B. C.; REGO, F. G.; DONAGEMMA, G. K.; TURETTA, A. P. D. **Mapeamento e caracterização do padrão de uso e cobertura da terra na microbacia do córrego Pito Aceso, Bom Jardim – RJ, utilizando imagens orbitais de alta resolução**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 37 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 150).

RICKSON, R. J. Management of sediment production and prevention in river catchments: a matter of scale In: OWENS, P. N.; COLLINS, A. J. (Ed.). **Soil erosion and Redistribution in River Catchments**. Wallingford: CAB International, 2006.

RODRIGUES, G. S. **Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisas: fundamentos, princípios e introdução à metodologia**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998. 66 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 14).

RODRIGUES, G. S. Avaliação de impactos para gestão ambiental de atividades rurais. In: FERREIRA, J. M. L.; ALVARENGA, A. P.; SANTANA, D. P.; VILELA, M. R. **Indicadores de sustentabilidade em sistemas de produção agrícola**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2010. p. 397-424.

SANDERS, T. G.; WARD, R. C.; LOFTIS, J. C.; STEELE, T. D.; ADRIAN, D. D.; YERJEVICH, V. **Design of networks for monitoring water quality**. Colorado: Water Resources Publications, 1983.

SALA, O. E.; CHAPIN, F. S.; ARMESTO, J. J.; BERLOW, E.; BLOOMFIELD, J.; DIRZO, R.; HUBER-SANWALD, E.; HUENNEKE, L. F.; JACKSON, R.; KINZIG, A.; LEEMANS, R.; LODGE, D.; MOONEY, H. A.; OESTERHELD, M.; POFF, L.; SYKES, M.; WALKER, B. H.; WALKER, M.; WALL, D. Global biodiversity scenarios for the year 2100. **Science**, v. 287, p. 1770-1774, 2000.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. Conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, Araraquara-SP, n. 20, p. 137-155. 2007.

TURETTA, A. P.; PRADO, R. B.; SCHULER, A. E. Serviços ambientais no Brasil: do conceito à prática. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P.; ANDRADE, A. G. **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 239 - 253.

Comunicado Técnico, 69

Embrapa Solos
Rua Jardim Botânico, nº 1.024, Bairro Jardim Botânico, CEP: 22460-000, Rio de Janeiro, RJ
Fone: + 55 (21) 2179-4500
Fax: + 55 (21) 2179-5291
E-mail: <https://www.embrapa.br/fale-conosco>

2ª edição
E-book (2013)



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Comitê de publicações

Presidente: *Daniel Vidal Pérez*.
Secretário-Executivo: *Jacqueline Rezende Mattos*.
Membros: *Ademar Barros da Silva, Adriana Vieira de Moraes, Alba Leonor da S. Martins, Claudia Regina Delaia Machado, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo, Jacqueline Silva Rezende Mattos, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Maria Regina Laforet, Maurício Rizzato Coelho, Quitéria Sonia Cordeiro dos Santos*.

Expediente

Supervisão editorial: *Jacqueline Rezende Mattos*.
Revisão de texto: *André Luiz da Silva Lopes*.
Normalização bibliográfica: *Ricardo Arcanjo de Lima*.
Editoração eletrônica: *Jacqueline Rezende Mattos*.