

SUBSÍDIOS AO LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA MINERAÇÃO EM PARTES DAS BACIAS DOS RIOS SANTO INÁCIO E PEIXE - APA CORUMBATAÍ, BOTUCATU E TEJUPÁ

SUBSIDIES TO ENVIRONMENTAL LICENSING TO MINING ACTIVITIES AT SOME AREAS OF THE SANTO INÁCIO AND PEIXE RIVERS BASINS - APA CORUMBATAÍ, BOTUCATU AND TEJUPÁ, SÃO PAULO, BRAZIL

Dirceu Pagotto STEIN¹; Neide ARAÚJO²; Fernando Mendonça D'HORTA³; Maria do Carmo Gonçalves YUSTAS³

Resumo: Os atributos naturais da APA Corumbataí, Botucatu e Tejupá criam expectativas de demandas crescentes para empreendimentos minerários e imobiliários. Nos municípios de Bofete, Torre de Pedra e Porangaba, desde os anos 90 percebe-se forte incremento na intenção de mineração. Degradação ambiental e conflitos de ocupação são as conseqüências imediatas, principalmente pela inexistência de políticas públicas embasadas em planejamento territorial estratégico. Este artigo pretende mostrar a possibilidade de subsidiar licenciamento e adequação ambiental da mineração utilizando dados existentes e pequeno esforço com levantamentos complementares. Os principais atributos da APA, beleza cênica e Aquífero Guarani, são condicionados por um arcabouço geológico-geomorfológico bastante favorável à instalação de processos erosivos e à permeabilidade das águas pluviais, por conseguinte, à degradação dos atributos naturais. Planejar ocupação e uso desse território deve enfatizar potencialidades e fragilidades do meio para cada tipo de empreendimento nesse contexto de inserção, no caso, objetivamente, suscetibilidades dos terrenos à erosão e medidas de controle ambiental que minimizem os impactos esperados. Interações sucessivas de dados geológicos, geomorfológicos e pedológicos, cotejados com uso e ocupação do solo e fatores bióticos, permitiram compartimentar a área, impondo possibilidades diferenciadas de mineração em atendimento à proteção de terrenos mais suscetíveis à erosão, desse modo implicando na preservação da paisagem, dos recursos bióticos e dos recursos hídricos. O resultado é um conjunto de critérios orientadores para o licenciamento ambiental e para a execução das diversas modalidades de mineração passíveis na região, conjunto que se alia a obrigações e exigências da legislação.

Palavras-chave: Mineração em APA; APA Corumbataí, Botucatu e Tejupá; Planejamento Territorial.

Abstract: The natural attributes of the APA Corumbataí, Botucatu and Tejupá create conditions to the increase of the demands for mining and real estate enterprises. The municipal districts of Bofete, Torre de Pedra and Porangaba, has ben a noticeable encrease in the mining demand since the 90's. Environmental degradation and occupation conflicts are the immediate consequences, mainly, due to the inexistence of public policies supported by strategical territorial planning. This article intends to show the possibility to subsidize the environmental licensing and adequacy of mining activities, based on available information associated with simple complementary surveys. The main attributes of this APA, scenic beauty and Aquifer Guarani, are conditioned by geologic-geomorphological characteristics that create conditions to the establishment of erosive processes and to the permeability of pluvial waters, therefore, to the degradation of the natural attributes. The planning of occupation and use in this territory by different kinds of enterprises must consider natural potentialities and fragilities like susceptibilities of lands to the erosion and measures of environmental control that minimize the expected impacts. Successive interactions of geological, geomorphological and pedological data, compared, finally, with different land uses and biotic factors enable to divided the area, imposing differentiated possibilities of mining to protect the areas more susceptible to erosion, preserving, in this way, the landscape and the associated biotic and water resources. The result, led to a set of criteria that follow the legal requeriments and can guide the enviromental licensing for diverse modalities of mining in the region.

Keywords: Mining on Protected Areas; APA Corumbataí; Botucatu and Tajupá; Territorial Planning.

(1) Geólogo. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo – Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais – SMA/DEPRN - Endereço: Rua Germânia, 878. Apto 33-B. CEP 13.070-770 - Campinas/SP - (19) 3243 2623 - dpstein@ig.com.br.

(2) Geóloga e geógrafa. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo – Coordenadoria de Planejamento e Educação Ambiental – SMA/CPLEA - Endereço: Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345. CEP 05489-900. São Paulo/SP - (11) 30307021 - sma.neidea@cetesb.sp.gov.br.

(3) Engº Florestal. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo – Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental – SMA/DAIA - Endereço :Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345. CEP 05489-900. São Paulo/SP - (11) 30306751 - fnhorta@ig.com.br.

(3) Geógrafa. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo – Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental – SMA/DAIA - Endereço :Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345. CEP 05489-900. São Paulo/SP - (11) 30306751 - sma.mcarroy@cetesb.sp.gov.br.

INTRODUÇÃO

Nas regiões dos municípios de Bofete, Porangaba e Torre de Pedra, cabeceiras dos rios Santo Inácio e Peixe e domínio do Perímetro Botucatu da Área de Proteção Ambiental Corumbataí, Botucatu e Tejupá, desde o final dos anos 90 percebe-se forte incremento nas intenções de extração mineral. Fatores dos meios físico e sócio-econômico apontam para um quadro de exacerbação da degradação ambiental e de conflitos de ocupação e uso da terra.

Se por um lado o domínio de substrato arenítico das formações Pirambóia e Botucatu redonda em forte apelo à mineração, por outro, arenitos e eruptivas básicas da Formação Serra Geral condicionam a paisagem ímpar das Cuestas Basálticas, cenário que desperta também demandas imobiliária e turística. Tem-se ainda o Aquífero Guarani confinado às rochas areníticas, cuja região de recarga compreende, em grande parte, os terrenos englobados pela APA.

Contudo, esse arcabouço geológico-geomorfológico, além dos valores naturais condiciona formas de relevo e tipos de solo favoráveis ao desenvolvimento de processos erosivos intensos e de grande porte, além de condições extremamente favoráveis à permeabilidade, por conseguinte, à contaminação do aquífero. Perante ocupações e usos que as intenções prioritárias indicam, os impactos podem ser importantes, justamente nos dois principais atributos da APA, beleza cênica e, o aqui incluído, recurso hídrico subterrâneo.

Planejamento territorial é imprescindível para adequação ambiental de espaços quando de conflitos previsíveis entre usos distintos da terra. Defini-lo com objetividade passa obrigatoriamente pela avaliação de potencialidades e fragilidades do meio e pelo estabelecimento de medidas de controle ambiental que levem a uma minimização dos impactos esperados. São informações estratégicas e determinantes para a visão abrangente e necessária a um licenciamento ambiental que busque a proteção dos atributos naturais da área como um todo.

O presente trabalho foi realizado parcialmente no âmbito do Sistema de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, tendo contado com a colaboração de técnicos da Agência Ambiental CETESB de Sorocaba, Fabíola Ribeiro, Eloísa Helena Mannis e Dorian Minnicelli e da Equipe Técnica DEPRN de Botucatu, José Raphael Pardini, aos quais os autores agradecem.

OBJETIVO

O principal foco é buscar subsídios técnicos básicos para a tomada de decisões no procedimento de licenciamento ambiental, a partir de sucessivas interações de temas do meio físico, posteriormente aliadas a aspectos relevantes do meio biótico e considerando restrições ambientais ditas pela legislação em vigor. O intuito primordial é compartimentar a área, porém de modo expedito e embasado na informação disponível, com pequeno aporte de investigações complementares, tendo como pretensão mostrar a possibilidade de atender necessidades de todo momento, da iniciativa privada e dos órgãos ambientais, de enfrentar demandas sem o suporte de um plane-

jamento territorial estratégico.

Especificamente para a região, o objetivo mais geral visou critérios rápidos e diretos de disciplinamento da mineração em atendimento a proteção de terrenos mais suscetíveis de erosão, por conseguinte, a preservação da paisagem, dos recursos bióticos e da infiltração com qualidade das águas pluviais. O resultado é um conjunto de restrições, diretrizes e parâmetros orientadores para o licenciamento ambiental e para a execução dos diversos tipos de mineração passíveis na região, conjunto que se alia a obrigações e exigências dos textos legais.

ENFOQUE METODOLÓGICO

As bases metodológicas para a compartimentação da área foram extraídas de abordagens regionais de erosão, estudos que consideram os conjuntos básicos de fatores que a condicionam, como clima, substrato rochoso, formas do relevo e cobertura pedológica referenciando o meio físico natural e as muitas possibilidades de ocupação e uso das terras o meio antrópico, aqui incluídas as coberturas vegetais naturais (Iwasa *et al.*, 1987; Oliveira *et al.*, 1987; Ponçano *et al.*, 1987; Stein *et al.*, 1987 e 1995; Oliveira, 1994; Salomão, 1994; Bueno *et al.*, 1995; Stein, 2000; Stein *et al.*, no prelo; Wishmeier & Smith, 1965). De modo geral, tais abordagens buscam determinar compartimentos da paisagem com diferentes suscetibilidades naturais à erosão e, ao incluir a interferência do homem, o incremento ou não do potencial erosivo intrínseco ao meio natural, invariavelmente denominado de risco de erosão. Enfoques de estudos ligados à agronomia e à geomorfologia fornecem as ferramentas para o desenvolvimento dessas abordagens.

Uma das abordagens da agronomia baseia-se em formulações que determinam perdas de solos e envolvem os principais fatores condicionantes da erosão, os do meio físico correspondendo à erosividade das chuvas, à erodibilidade dos solos e ao comprimento e declividade das encostas, tendo as formas de uso-manejo e práticas de conservação dos solos como representantes das intervenções antrópicas (Wishmeier & Smith, 1965; Stein *et al.*, 1987).

A abordagem geomorfológica busca os fatores responsáveis por evolução e organização do relevo, portanto ligados a tempo, clima, substrato rochoso, solo e cobertura vegetal. A interação desses fatores discrimina, por si só, "os processos morfogenéticos responsáveis pela modelagem e pelos atributos específicos das formas do relevo, permitindo regionalizações onde os fatores intervenientes estão considerados e ajustados por meio do contexto evolutivo" (Stein, Ponçano, Saad no prelo). Assim sendo, tem-se um quadro já expandido da manifestação natural dos diferentes processos erosivos, representado por conjuntos distintos de formas de relevo.

As linhas de abordagem mencionadas podem se desenvolver por meio de medição direta de cada fator, a seguir tratados por equações específicas, ou cotejando cartas temáticas. Este último foi o método empregado no presente estudo, onde informações geológicas, geomorfológicas e pedológicas foram sendo sucessivamente integradas, de tal modo que a distribuição dos litotipos possibilitou a compreensão do desenvolvi-

mento das formas de relevo e estas dos tipos de solos ao longo das vertentes. O produto dessa interação é uma subdivisão da área em compartimentos de paisagem com suscetibilidades naturais de erosão diferenciadas, modificadas quando cotejadas com as tendências de promover erosão indicadas por usos e ocupações das terras, resultado final que exprime as interações engendradas (Stein, 2000).

Em linhas gerais, o presente estudo partiu de uma caracterização regional da área pressionada por intenções de mineração, adotando-se enfoque simplista e fortemente direcionado para a determinação de potencialidades e fragilidades do meio físico à ação das águas pluviais, tanto para promover erosão como para se infiltrar. Somados os atributos do meio biótico considerados relevantes, obteve-se compartimentos com diferentes graus de restrições à atividade minerária. O estudo se completa com um conjunto de critérios diretos para execução da mineração em condições ambientais adequadas. Este nível de abordagem cotejou as diversas modalidades de mineração com as potencialidades e fragilidades expressas pelos compartimentos anteriormente obtidos, do que resultaram os impactos ambientais prováveis, as medidas de mitigação mais convenientes e os critérios orientadores para licenciamento e execução da atividade.

Os principais passos metodológicos do presente estudo foram: definição da área com adensamento de intenções minerárias, a partir das poligonais minerárias registradas no DNPM (Departamento Nacional da Produção Mineral); avaliação dos principais aspectos da atividade ante os atributos de definição da APA (Área de Proteção Ambiental); levantamento bibliográfico de temas dos meios físico e biótico e do Aquífero Guarani; determinação dos diferentes tipos de lavra passíveis de implantação na área; compartimentação preliminar da área de interesse baseada em aspectos fisiográficos e bióticos; sobrevôo de reconhecimento objetivado a aspectos dos meios físico e biótico e de ocupação e uso das terras; compartimentação final da área a partir de mapas temáticos de geologia e geomorfologia nas escalas 1:500.000 e ao milionésimo, com apoio de informações pedológicas e de observações do sobrevôo; caracterização dos compartimentos e determinação de suas fragilidades erosivas e restrições à atividade minerária; estabelecimento de diretrizes, critérios e parâmetros, além de ordenação de obrigações e exigências legais para a execução da atividade de mineração, considerando o método de lavra perante as características físicas do compartimento.

Para melhor compreensão de conclusões apresentadas, cabe breve consideração sobre o significado de suscetibilidades e fragilidades erosivas atribuídas aos compartimentos delimitados. A compartimentação do meio físico foi executada com base na linha metodológica desenvolvida pelos autores mencionados no primeiro parágrafo deste item, portanto, a partir de sucessivas interações dos principais fatores condicionantes da erosão. Os níveis de suscetibilidade erosiva assim obtidos, referenciam a tendência de cada compartimento desenvolver erosão quanto a dois aspectos: (1) a incidência de processos e (2) a potencialidade de causar degradação dos tipos de processos plausíveis de ocorrência. Portanto, é uma ordenação de caráter relativo, de comparação entre áreas, onde

o nível muito alto mostra potencialidade para incidência generalizada dos vários tipos de processos e, entre eles, grandes ravinas, boçorocas e movimentos coletivos de massas.

As menções à fragilidade erosiva dizem respeito ao trabalho de Ross & Moroz (1997), que utilizam a designação à "nível de fragilidade potencial" para hierarquizar compartimentos do relevo, atribuindo-lhes tendências erosivas. Os compartimentos são definidos em função da dissecação do relevo e dos tipos de solos presentes; em síntese, cotejando a energia das formas do relevo com a erodibilidade dos solos. A dissecação do relevo é dada pela relação entre o grau de entalhe dos vales e a dimensão interfluvial média ou densidade de drenagem. A erodibilidade dos solos é sua vulnerabilidade à erosão, condicionada pelas suas próprias características, principalmente aquelas que influenciam na circulação da água no solo e na resistência às diferentes ações promovidas pelas águas pluviais. Os níveis de fragilidades são definidos pela maior ou menor propensão a incidência de processos erosivos e da agressividade do processo, considerando boçorocas e movimentos de massa como os mais agressivos.

A APA CORUMBATAÍ, BOTUCATU E TEJUPÁ E SEUS ATRIBUTOS

A APA Corumbataí, Botucatu e Tejupá foi instituída pelo Decreto Estadual nº 20.960/83. Seus atributos são representados pelo conjunto paisagístico formado pelas cuestas, que constituem "anfiteatros naturais de grande beleza cênica" e "importante divisor de águas, nascendo em suas encostas muitos rios e várias fontes hidrotermais de importância econômica e medicinal".

A paisagem da região compreende um conjunto de formas de relevo que referenciam os domínios de duas províncias geomorfológicas, das Cuestas Basálticas e da Depressão Periférica (Almeida, 1964, IPT, 1981a), sustentada por seqüências rochosas dos grupos Tubarão, Passa Dois e Serra Geral (IPT, 1981b).

A extrema suscetibilidade natural à erosão dos terrenos areníticos constituiu-se na principal preocupação quanto à preservação da paisagem. A modificação do escoamento superficial das águas pluviais é o maior problema a enfrentar. Alia-se a degradação visual inerente à mineração, que tanto quanto a erosão agride a cobertura vegetal, o solo e a paisagem, deixando cicatrizes.

Fontes e rios que brotam das cuestas foram atributos considerados para a definição da APA. Contudo, mesmo não discriminado na lei, é incontestável que o principal recurso hídrico da região é o Aquífero Guarani, seja pela sua extensão territorial ou pelas capacidades de armazenamento, transmissividade e qualidade de suas águas.

Importantes segmentos da APA estão sujeitos a condições geológico-geomorfológicas e de uso do solo especiais ante o Aquífero Guarani. As modificações no escoamento das águas pluviais acarretam alterações que podem interferir substancialmente na recarga do aquífero. Desde o desmatamento inicial, há décadas, ocorreram profundas alterações nesse escoamento, que de superficial e difuso e com capacidade alta de infiltração e baixa de promover erosão, passou a concentrado, com substancial incremento na capacidade erosiva e de queda

na infiltração. O adensamento de ocupações e usos das terras pode exacerbar condições já desfavoráveis.

Em relação à qualidade das águas, interessam particularmente as áreas de afloramento dos arenitos armazenadores, que se constituem em importantes zonas de recarga e têm o nível piezométrico razoavelmente raso, portanto mais suscetíveis à poluição. Fontes poluidoras, quaisquer que sejam, podem ocasionar impactos e são enormes as dificuldades de reversibilidade.

MEIO FÍSICO

As considerações a respeito do meio físico são de caráter geral, obtidas de documentação temática com abordagens regionais. Assim sendo, as informações são indicativas, discriminando compartimentos abrangentes, cuja homogeneidade pode ser considerada apenas para as escalas de referência, não constituindo a caracterização necessária para intervenções de caráter local, como se entendem os empreendimentos minerários.

Substrato rochoso

As informações geológicas foram extraídas de IPT (1981b). A área de interesse apresenta seqüências estratigráficas permianas e cretáceas da Bacia do Paraná. O conjunto estratigráfico basal, permiano e de natureza marinha, compreende unidades dos grupos Tubarão e Passa Dois, este mais expressivo em área. A Formação Tatuí, unidade de topo do Tubarão, aflora na região de Porangaba, sendo representada basicamente por siltitos com estratificação plano-paralela. Sobrepostas ocorrem seqüências do Grupo Passa Dois, com a Formação Irati e a Formação Serra Alta restritas ao sul de Porangaba, enquanto a Formação Teresina apresenta abrangência territorial mais larga, avançando a oeste pelas bacias dos rios do Peixe e Bonito, além de adentrar, de sul, pela bacia do rio Santo Inácio. As formações do Grupo Passa Dois têm grande predominância de siltitos, argilitos e folhelhos, com intercalações de arenitos e calcários. Seus litossomas são dispostos plano-paralelamente. São características as intercalações de folhelhos pirobetuminosos, calcários, termos conglomeráticos e litotipos com nódulos de calcários e sílex.

O Grupo São Bento, mesozóico, é representado pela Formação Pirambóia, unidade basal e de natureza fluvial, a mais expressiva na área em apreço; pela Formação Botucatu, sobreposta à Pirambóia e de natureza eólica, com exposição restrita a delgadas faixas ao longo das porções escarpadas de morros e cuestras; e pela Formação Serra Geral, que referencia derrames basálticos e intrusivas associadas. As duas primeiras formações confinam o Aquífero Guarani, sendo constituídas predominantemente por arenitos finos e médios. Na Pirambóia ocorrem também termos siltico-argilosos e ambas apresentam intercalações subordinadas de litotipos conglomeráticos, argíliticos e silticos. Estratificações cruzadas são marcantes nas duas unidades, na Pirambóia internas a pacotes dispostos plano-paralelamente. Capeando as rochas areníticas tem-se a Formação Serra Geral, com basaltos e intercalações subordinadas de arenitos intertrapeanos. Diques e sills de diabásio ocorrem intercalados

às diversas unidades estratigráficas presentes na área.

Importantes linhas de falhas normais são assinaladas na região entre Porangaba e Torre de Pedra. Compartimentam o substrato rochoso definindo blocos estruturais basculados. Afectam diretamente as seqüências areníticas do Aquífero Guarani. Nas zonas de falha, e principalmente nos cruzamentos dessas estruturas, a densidade de fraturamento das rochas é maior, originando situações propícias à percolação das águas pluviais.

Formas do relevo

Geomorfologicamente, segundo IPT (1981a), a região envolve porções das províncias geomorfológicas das Cuestas Basálticas e da Depressão Periférica, nesta abrangendo partes das zonas do Médio Tietê e do Paranapanema, que têm limite exatamente no divisor d'águas entre os rios do Peixe e Santo Inácio.

As Cuestas Basálticas caracterizam-se por um reverso suavemente colinoso, pouco adentrado pelo perímetro da APA, e uma frente de escarpas festonadas que se desfaz em anfiteatros definidos por espigões. Destes se isolam morros de topos tabulares progressivamente rebaixados por erosão, podendo constituir pequenas formas de perfis cônicos, já nos limites da Depressão Periférica. Nesta, destacam-se relevos de colinas e morrotes. Outra particularidade são cânions desenvolvidos em rochas pelíticas e carbonáticas pelo entalhe profundo dos talwegues da bacia do rio Bonito. Os espigões que partem das escarpas apresentam topos predominantemente tabulares, com encostas de perfil geral côncavo determinado por partes altas mais íngremes que passam, a partir de rupturas negativas bem marcadas, para perfis mais suaves, ora sustentados por camadas da rocha ora por importantes depósitos de colúvio e tálus que se estendem até o sopé das formas. Colinas de topos amplos e perfis suavemente convexos apresentam-se no reverso da cuesta.

A Província da Depressão Periférica é mais rica em formas, englobando sistemas de relevo de colinas amplas e médias, de morrotes alongados e espigões, e de morros arredondados. Percebe-se forte controle estrutural do relevo pela estruturação plano-paralela dos litossomas sedimentares, capeados ainda por pacotes basálticos horizontalizados. As diferenças de resistência à erosão entre os litotipos implicam o conjunto diversificado de formas e feições subordinadas que se observa.

A diferenciação dos conjuntos de relevo é confirmada pelas variações de grau de entalhe e de distância interfluvial média dos vales, conforme expressas por Ross & Moroz (1997). Estes indicam dissecação e fragilidade potencial do relevo variando de grau médio a muito alto para a área em apreço, o que implica processos erosivos fortes a muito agressivos, classificação que engloba de erosão laminar a movimentos de massa. Para esses autores, a região estudada embute-se na Unidade Morfoescultural da Depressão Periférica, que se subdivide nas unidades Depressão do Médio Tietê e Depressão do Paranapanema, as quais envolvem modelados dominantes de topos convexos e aguçados, quando mais próximos das escarpas da cuesta, e de topos tabulares, nos relevos colinosos menos entalhados e nos conjuntos de formas isoladas sustentadas por rochas mais resistentes à erosão. A pequena porção de área no reverso da cuesta e suas escarpas e modelados associados referenciam à Unidade Morfoescultural do

Planalto Residual de Botucatu.

Solos

As associações de solos presentes na região refletem muito diretamente o substrato rochoso e o tipo de relevo, conforme indicações de Ross & Moroz (1997) e observações expeditas de campo. Considerando a antiga nomenclatura de solos, nos domínios das unidades geológicas francamente areníticas, em relevos colinosos predominam Areia Quartzosa e Latossolo Vermelho-Amarelo médio arenoso. Quando em colinas menores e morrotes, ocorrem os mesmos termos, com Areia Quartzosa mais restrita e a presença mais notável de Podzólico Vermelho-Amarelo médio arenoso e Cambissolo, tendência que se exacerba quando no âmbito de rochas pelíticas com intercalações carbonáticas, onde as texturas argilosas se destacam. No domínio das rochas basálticas ocorre predominantemente Latossolo Roxo, com Terra Roxa Estruturada subordinada, e Latossolo Vermelho-Escuro nos limites de afloramento com unidades pelíticas e areníticas. Em decorrência de características mais enérgicas das formas de relevo, subordinam-se termos câmbicos e litólicos. Nas porções de relevo mais íngremes ou escarpadas, os termos litólicos podem ocorrer associados a paredes rochosas.

Processos de erosão e assoreamento

Os solos respondem diretamente aos arcabouços que se constituem pelas associações substrato rochoso/formas de relevo e, por conseguinte, os processos erosivos (Stein 2000; Stein *et al.*, no prelo). Na busca da proposição inicial deste artigo, definição expedita de subsídios para o licenciamento ambiental e adequação da mineração, deve-se priorizar, de imediato, a capacidade dos solos em resistir à erosão e promover infiltração das águas de chuvas, fatores determinantes da erosão.

Os terrenos areníticos apresentam condições mais propícias à infiltração, diversamente dos terrenos pelíticos, que confinam solos argilosos com permeabilidade menor, favorecendo o escoamento superficial. Por outro lado, a alta desagregabilidade dos solos arenosos de baixa coesão tornam-se menos resistentes à ação das forças abrasivas das enxurradas, contrapondo-os aos solos argilosos. Assim, os terrenos areníticos têm considerável tendência a processos erosivos lineares e de grande porte, ravinas e boçorocas, tendência que não se repete comumente nos solos mais argilosos presentes, que condicionam prioritariamente erosão laminar e incisões lineares menos pronunciadas. Contudo, com a modificação imposta pela ocupação antrópica, com o escoamento pluvial passando de laminar para concentrado, as tendências naturais se exacerbam e não deixam escapar, mesmo os solos argilosos, de significativas incisões erosivas, mais acentuadas ainda quando presentes diferenças marcantes na gradiência textural dos perfis pedológicos.

Independentemente da constituição do substrato rochoso, nos setores escarpados ou mais declivosos do relevo há incidência de processos erosivos mais drásticos, os movimentos de massa. Nessas situações, a remoção da vegetação nativa é determinante para a instabilidade, tanto mais se aliada a escoamento concentrado aduzido de estruturas de ocupação de mon-

tante. Os processos erosivos incidentes correspondem a quedas de blocos em paredes rochosas, escorregamentos e rastejos, processos que originam cicatrizes de diferentes portes e podem propiciar a instalação subsequente de ravinas e boçorocas.

A implicação imediata dessa modificação na dinâmica superficial da paisagem é a colmatação generalizada dos ambientes fluviais, com níveis de assoreamento que desconfiguram totalmente canais e calhas e adentram por planícies de inundação. Disso decorrem mudanças também na dinâmica fluvial, pois o escoamento incrementado a partir das encostas origina despejos maiores e a intervalos de tempo mais curtos, culminando com picos de enchentes que não são suportados por calhas moldadas para outras condições naturais e, ainda, agora, entupidas. O transbordamento acaba provocando solapamentos de margens e conseqüentemente pontos de instabilidade nas encostas, a partir dos quais remontam outros processos erosivos, principalmente na forma de ravinas e boçorocas.

Em termos dos principais atributos naturais da área, Aquífero Guarani e beleza cênica, os processos da dinâmica superficial atualmente observados são extremamente impactantes. A atividade minerária deve considerar destacadamente as suscetibilidades naturais de erosão dos diferentes modelados da paisagem.

MEIO BIÓTICO

Inserção Biogeográfica

A área objeto situa-se em região de contato entre as regiões zoogeográficas da América do Sul-Centro e da Mata Atlântica Meridional (Stotz *et al.*, 1996), entre formações de Cerrado *latu sensu* e Floresta Estacional Semidecidual. Nesse contexto integra características de ambas as formações, sendo produto das mesmas. Suas características atuais agregam modificações impostas pelo histórico de antropização da região. O caráter transicional entre formações determina um mosaico, onde dominam paisagens abertas ligadas a diferentes formas florestais. Essas zonas de contato entre duas ou mais regiões fitoecológicas que se justapõem, ou se interpenetram, determinam encaves ou ecótonos (Ab'Saber, 1977), respectivamente, e caracterizam-se, regionalmente, como locais onde se misturam elementos típicos de ambas as formações.

A fauna encontrada na região também é resultante desse contexto. Grosso modo, pode-se destacar dois elementos principais que compõem a comunidade faunística: aquele oriundo das formações ombrófilas/estacionais, tipicamente florestal e de grande vulnerabilidade a transformações de seus habitats; e aquele do Cerrado, típico de áreas abertas, que em sua maioria apresentam maior resiliência. A fauna da Floresta Estacional Semidecidual é constituída basicamente por elementos da Floresta Ombrófila, cujas distribuições alcançam o planalto, mostrando poucos elementos exclusivos. Por outro lado, a fauna do Cerrado mescla representantes florestais com aqueles típicos de ambientes abertos. Apesar da paisagem do Cerrado ser dominada por fitofisionomias abertas, conforme Silva (1995), cerca de 77% das espécies de ocorrência de cerrado são dependentes ou semidependentes de ambientes florestais, muitas delas, in-

fluência dos domínios florestais adjacentes.

A influência de um domínio sobre outro é muito grande nas zonas de contato, com elementos do Cerrado penetrando na periferia do domínio florestal e, no sentido inverso, de formações ombrófilas adentrando pelos domínios do Cerrado através de suas formações florestais, principalmente matas ciliares e cerradões.

Conservação

Em decorrência do histórico de antropização da região, as formações originalmente presentes foram convertidas principalmente para atividade agropecuária, estando hoje representadas por fragmentos remanescentes, ou, na maioria dos casos, de sucessão secundária. Estas formações encontram-se dispostas predominantemente às margens de corpos d'água ou em áreas de topografia desfavorável à exploração econômica.

O resultado desse processo de antropização foi a simplificação ambiental decorrente do comprometimento dos processos ecológicos originais necessários à manutenção de diversidade. Foram particularmente afetadas aquelas espécies mais exigentes, cuja existência depende de ambientes em bom estado de conservação, o que provavelmente reduziu de forma significativa a diversidade, dado que as espécies mais sensíveis respondem por grande parte de uma comunidade. Por outro lado, espécies generalistas, pouco sensíveis aos impactos decorrentes das ações humanas, muitas vezes se beneficiam desse processo de simplificação. Entretanto, quanto mais drásticas são as alterações promovidas, maior é o número de espécies desfavorecidas e menor o daquelas que podem se beneficiar.

O processo de alteração da paisagem tem efeitos de longo prazo. As populações vegetais e animais certamente ainda sofrem com processos deletérios, como, por exemplo, o efeito de borda, que descaracteriza os remanescentes paulatinamente, de fora para dentro, agindo como um vetor de simplificação ambiental; ou, ainda, com o isolamento de populações, entre as quais o fluxo gênico é impossibilitado, resultando muitas vezes em eventos de extinção local. Tais processos são produto das intervenções humanas promovidas na região.

Portanto, a conservação desses remanescentes não pode ser conduzida de forma passiva, uma vez que o processo de simplificação ambiental é contínuo, ainda hoje com desdobramentos indesejáveis. São necessárias intervenções planejadas e que visem à reversão desse quadro.

Ambientes Ripários

Faz-se especial referência aos ecossistemas ripários por se constituírem em ambientes com potencial para atividades minerárias, sejam elas desenvolvidas em cavas diretamente nesses ambientes, ou em leito, neste caso com a infra-estrutura neles estabelecida.

Os ecossistemas ripários desenvolvem-se associados à dinâmica fluvial, envolvendo basicamente planícies aluviais. São áreas caracteristicamente atingidas pelas águas de enchentes e apresentam o lençol freático livre aflorante ou subaflorante.

As zonas ripárias são interfaces entre ecossistemas aquáticos e terrestres. Como ecótonos, integram grande gama

de fatores ambientais, processos ecológicos e comunidades vegetais (Mitsch & Gosselink, 2000). As funções destes ecossistemas são pouco conhecidas, exceto que a produtividade primária é geralmente mais alta que a dos ambientes "secos" adjacentes e que estes ambientes se apresentam como sistemas abertos com grandes fluxos de energia e nutrientes.

Aparentemente, o fator mais limitante ao estabelecimento da cobertura vegetal nos ecossistemas ripários é o *stress* determinado por condições inadequadas de oxigenação durante períodos de inundação, pois é característica comum a estes ambientes a alta concentração de nutrientes e a boa aeração propiciada pelos materiais constituintes do substrato. As comunidades vegetais de ecossistemas ripários são geralmente variadas e produtivas e se formam em consequência da variação do gradiente de umidade no sentido encosta - leito, forma do vale e variação da textura do solo.

As zonas ripárias também merecem destaque por seu papel na manutenção da comunidade animal. Dentre outras características, pode-se destacar: a oferta abundante de água, mesmo nas épocas de menor pluviosidade; a diversidade de habitats, dada sua condição de transição entre ambientes terrestres e aquáticos; e seu papel como corredor natural para a dispersão e migração de muitas espécies (Mitsch & Gosselink, 2000).

COMPARTIMENTAÇÃO DA ÁREA DE INTERESSE OBJETIVADA PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE ATIVIDADES MINERÁRIAS

Os compartimentos a seguir discriminados não podem ser entendidos com a conotação de uma cartografia geoambiental abrangente. Tem-se tão somente a mineração como intervenção a considerar e, portanto, uma análise que objetiva entender apenas as interferências dessa atividade nos atributos naturais.

Cabe deixar explícito, também, que os compartimentos delimitados abarcam ampla variação em suas características, de tal modo abrangente que devem ser considerados, obrigatoriamente, orientativos. Estudos detalhados de um local podem mostrar realidade diferenciada daquela traduzida pela avaliação regional. Contudo, tal possibilidade não deixará de esbarrar naquilo que se definiu como fragilidade do meio, cabendo decisão considerando um entorno problemático. A figura 1 mostra os compartimentos delimitados.

COMPARTIMENTO I - CABECEIRAS DO RIO BONITO

O Compartimento Cabeceiras do Rio Bonito constitui morfologia diferenciada na região, sustentada por cobertura delgada de arenitos da Formação Pirambóia sobre pelitos da Formação Teresina aflorantes no fundo dos vales. O conjunto estratigráfico é cortado por falhas normais de direção geral NE-SW e outros lineamentos de expressão regional.

O relevo é representado por divisores secundários e porções de encostas que drenam para o vale, que são partes de relevos de morrotes alongados e espigões que se desenvolvem a leste e de colinas amplas no oeste. Sua característica principal é a forte inclinação das vertentes a partir de ruptura positiva de

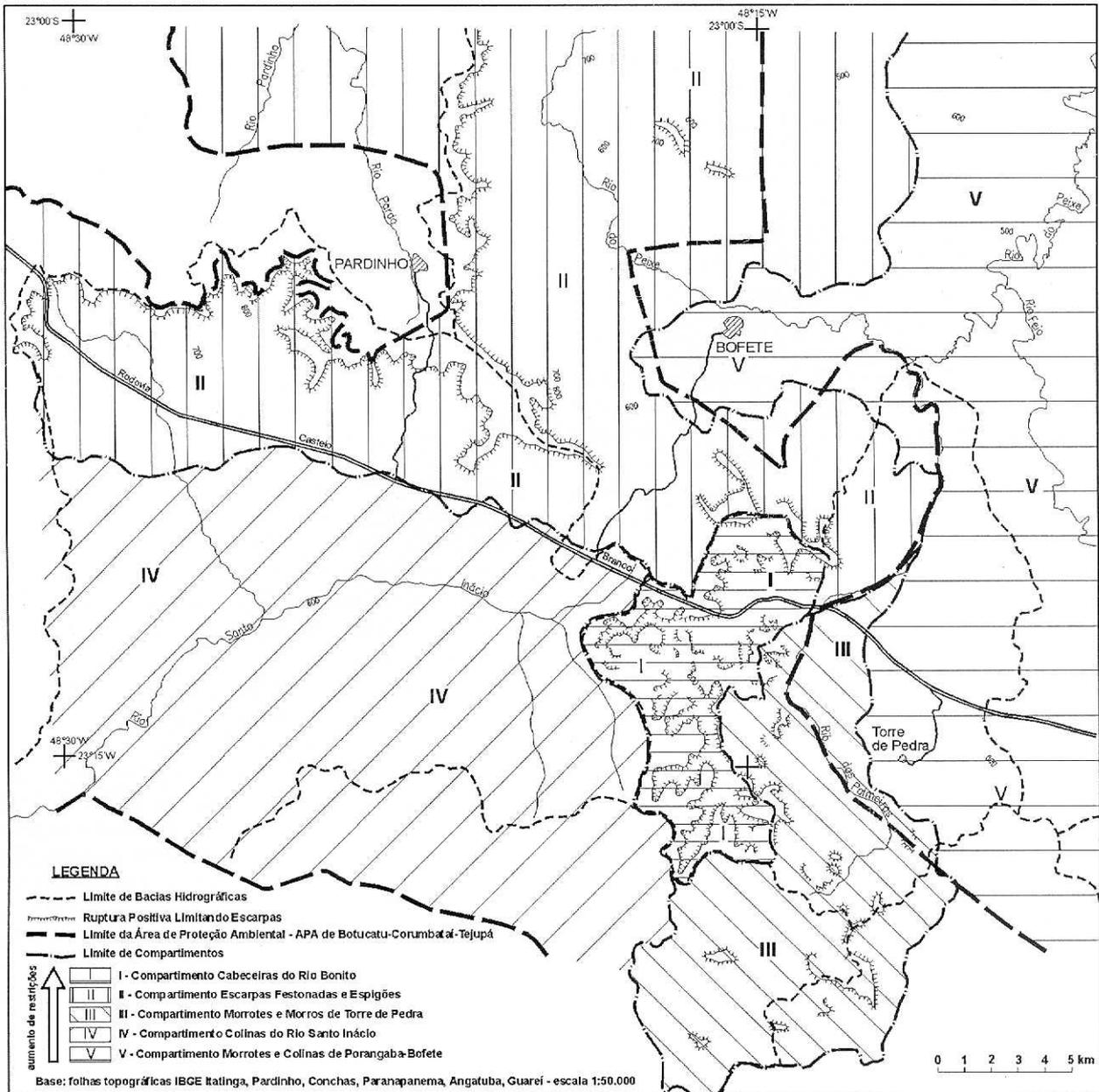


FIGURA 1: Compartimentação geomorfológica da área com vistas ao Licenciamento Ambiental de Atividades Minerárias.

FIGURE 1: Geomorphologic division to subsidize the environmental licensing to mining activities at studied area.

declive na alta encosta, até subverticalizadas, de onde estas se estendem escarpadas até o fundo das calhas de drenagem. Alguns topos achatados e freqüentes escarpas associadas referenciam formas mais resistentes à erosão, sustentadas por arenitos da Formação Botucatu.

As colinas têm os topos achatados e amplos, com perfis suavemente convexos interrompidos pelas rupturas de declive que definem as escarpas. Os morrotes podem ser até angulosos, com vertentes ravinadas e retilíneas, denotando maior desbaste erosivo e, por conseguinte, cobertura de arenitos mais delgada. A configuração geral das cabeceiras do Rio Bonito é de cânion pouco profundo e estreito, com paredes escarpadas sustentadas por rochas permianas. O padrão de drenagem tende a dendrítico, modificado de subparalelo, característica esta

que reflete o condicionamento estrutural dos vales. A densidade é média a alta e os vales são fechados, de paredes subverticalizadas.

Os solos predominantes são Areia Quartzosa e latossolos argilosos, tendo perfis litólicos e rocha aflorante nos declives mais fortes.

A ocupação antrópica é predominantemente de pastagens pouco vigorosas, muito afetadas por erosão laminar. A cobertura vegetal nativa ocorre em razoável extensão dos vales, porém em faixas delgadas e geralmente ocupando apenas a porção mais declivosa das vertentes.

O compartimento insere-se em unidade de relevo com graus de entalhe dos vales e dimensão interfluvial definidos como médios por Ross & Moroz (1997), o que lhe confere fragi-

lidade potencial média, ou seja, sujeito a forte atividade erosiva. Ravinas e pequenos escorregamentos são observados com relativa frequência. Esses processos atingem as vertentes escarpadas e remontam aos topos como boçorocas e grandes ravinas. Tais processos erosivos estão sempre associados ao escoamento superficial concentrado.

Síntese conclusiva - A presença marcante de estruturas tectônicas implica substrato com maior densidade de fraturas, portanto com melhor condição de infiltração, que associada à permeabilidade natural do substrato e das coberturas arenosas e à pequena profundidade do aquífero no local, alertam para situação favorável de recarga, bem como para maior vulnerabilidade à contaminação.

A suscetibilidade erosiva do compartimento é alta, principalmente devido ao escoamento concentrado, decorrência de formas de relevo cobertas por termos areníticos e encostas fortemente inclinadas. Feições pretéritas indicam evolução natural das vertentes por forte incidência de ravinamento, situação exacerbada com a retirada da cobertura vegetal nativa.

Os vales são fechados e estreitos, com ribanceiras escarpadas suportadas por litotipos argilosos suscetíveis ao ravinamento. As margens são submetidas a solapamento por ação da dinâmica fluvial das enchentes. As declividades ultrapassam os limites de ocupação e uso determinados pelo Código Florestal.

Considerando os principais atributos naturais a serem preservados, tais fatores determinam restrição total à atividade minerária, mesmo em leito de rio e planície aluvial.

COMPARTIMENTO II - ESCARPAS FESTONADAS E ESPIGÕES

O substrato rochoso envolve basicamente os termos areníticos da Formação Pirambóia e da Formação Botucatu, esta em delgadas faixas nas escarpas da cuesta e de morros isolados, onde é capeada pelos basaltos da Formação Serra Geral. Estes e arenitos Botucatu silicificados condicionam as formas mais enérgicas do relevo de escarpas festonadas e espigões digitados. Nos domínios da Formação Pirambóia, no avanço para leste do compartimento, essas formas vão se escalonando e suavizando, constituindo relevo de colinas médias no alto vale do Peixe e morrotes alongados com espigões ao norte. Para sul, com a mesma tendência ao escalonamento e à suavidade, os espigões passam para colinas amplas de topos achatados, apenas muito parcialmente englobadas pelo compartimento ao longo da Rodovia Castelo Branco.

As escarpas são verticalizadas e ravinadas. Os espigões digitados caracterizam-se pelo forte controle estrutural das formas, denotado pelo rebaixamento escalonado dos topos e pelas rupturas de declividade positivas que se alternam nas encostas, criando setores mais íngremes, além de freqüentes cornijas.

A rede de drenagem configura-se a partir dos anfiteatros de cabeceiras que avançam pelas escarpas, apresentando alta densidade e padrão subparalelo a dendrítico. Os vales são fechados, com entalhes progressivamente atenuados para jusante. Suas calhas são estreitas, definidas por ribanceiras declivosas, mesmo escarpadas, alargando-se para jusante. Apre-

sentam-se totalmente assoreadas e mostram canais desorganizados e rasos.

A leste, as colinas são de dimensões médias, com topos aplainados, enquanto morrotes mostram topos subangulosos a achatados. As encostas são sempre convexas a retilíneas, ravinadas nos morrotes. A rede de drenagem mostra densidade média a baixa nas colinas, com vales abertos a fechados, e média a alta nos morrotes, com vales fechados. O padrão geral de drenagem tende a dendrítico, localmente modificado de padrões retangular ou subparalelo. Planícies aluviais são restritas, mais comuns nas colinas, com desenvolvimento notável apenas no Rio do Peixe.

A estreita faixa de colinas amplas que ocorre a sul do compartimento representa porção periférica de relevo colinoso típico da bacia do Rio Santo Inácio, constituindo a continuidade dos espigões que partem das escarpas. A rede de drenagem é subdendrítica e de baixa densidade, com vales abertos e planícies aluviais interiores. Em cartografia de caráter regional (IPT, 1981a), essa porção de relevo foi classificada como colinas amplas. Contudo, guarda características muito mais próximas do relevo de espigões, do qual referencia posição mais afastada. Em decorrência, foi englobada no Compartimento II.

Os solos do compartimento refletem horizontes mais desenvolvidos em porções de relevos mais suaves, representados por latossolos arenosos e Areia Quartzosa, enquanto escarpas e encostas declivosas registram paredes rochosas e solos litólicos e câmbicos.

A ocupação é predominantemente de pastagens, além de algumas glebas esparsas de café, sempre cultivos de pouco vigor vegetativo, denotando solos empobrecidos e extremamente lixiviados. É o compartimento que apresenta maior cobertura de vegetação nativa de porte arbóreo, distribuída em parte das escarpas, faixas marginais a cursos d'água e encostas, aqui em fragmentos isolados e dispersos. De maneira geral, as formações florestais nas escarpas apresentam porte baixo a médio e pouco avançam para jusante dos vales. O fragmento de maior extensão recobre as formas denominadas Morro dos Órgãos, Morro Grande e Morro das Três Pedras, onde se localizam as nascentes de vários corpos d'água. Apresenta porte e estrato superior relativamente contínuo.

Segundo Ross & Moroz (1997), a fragilidade potencial à erosão é alta, sujeitando as áreas envolvidas a processos erosivos agressivos, como movimentos de massa e boçorocas, conforme observados também em sobrevôo. Tais constatações são consubstanciadas por relevos de formas muito dissecadas, com vales entalhados a pouco entalhados, caracterização que envolve indiferenciadamente o conjunto de formas descrito anteriormente.

Os processos erosivos refletem a energia do relevo englobado. São comuns cicatrizes de escorregamentos e quedas de blocos nas encostas mais íngremes, nas escarpas e nas cornijas que se definem a partir de rupturas de declividade positivas. Rastejos ocorrem em locais íngremes onde ocorre espessamento do perfil de solo ou em depósitos detriticos, principalmente rampas coluviais e de tálus no sopé das formas. As ravinas entalham generalizadamente as encostas, mais restritas

apenas nos relevos colinosos, onde, no entanto, desenvolvem dimensões maiores e podem condicionar o aparecimento de boçorocas. Estas ocorrem restritas a situações de águas servidas pela ocupação instalada, remontando para topos achatados relativamente suaves, porém com espessas coberturas arenosas. A erosão laminar é onipresente, desbastando sobremaneira os perfis pedológicos em quaisquer das situações de relevo abarcadas pelo compartimento. Em decorrência da intensidade erosiva observada, a rede de drenagem está totalmente preenchida por materiais de assoreamento.

Síntese conclusiva

A evolução natural do relevo é marcada por erosão intensa, destacando-se queda de blocos em paredes rochosas, escorregamentos, rastejos, ravinamentos e boçorocas, conjunto de processos que denota suscetibilidade erosiva extremamente alta.

A disposição aflorante, as características e a espessura do pacote sedimentar arenítico favorecem a infiltração das águas pluviais, bem como aumentam a vulnerabilidade dos aquíferos.

Grande parte das encostas do compartimento apresenta declividades que ultrapassam os limites de ocupação e uso determinados pelo Código Florestal, bem como os leitos de rios têm larguras, no mais comum, impeditivas de dragagem pelas normas técnicas em vigor. As situações mais favoráveis para a atividade minerária referenciam planícies aluviais no âmbito dos relevos enérgicos. Deve-se considerar o valor intrínseco destes ambientes ripários quando preservados e o fato de se posicionarem sobre áreas de recarga do Aquífero Guarani.

O compartimento agrega fatores relativos à recarga de aquífero e à beleza cênica da paisagem, devendo ser indicado como prioritário para reposição vegetal nativa nos diferentes contextos geomorfológicos, bem como para reflorestamentos comerciais nas áreas plausíveis. Esforços voltados à revegetação nativa devem se basear em avaliações da paisagem, privilegiando áreas que possam melhorar as características dos remanescentes existentes ou aumentar a conectividade entre os mesmos.

O conjunto de fatores do meio determina restrição abrangente à atividade minerária. As raras possibilidades de extração são locais e muito restritas, nos leitos dos rios Bonito e do Peixe.

COMPARTIMENTO III - MORROTOS E MORROS DE TORRE DE PEDRA

O substrato rochoso dominante é de termos areníticos da Formação Pirambóia, com seqüências pelíticas da Formação Teresina aflorando nos fundos de vales a leste-sudeste do compartimento. Arenitos da Formação Botucatu capeados por basaltos da Formação Serra Geral são representativos localmente, sustentando mesetas basálticas isoladas. Falhas normais cortam a área segundo direções NE-SW e NNE-SSW, a norte e sudeste do compartimento, respectivamente. Seu limite sul borda a Estrutura Dômica de Carlota Prenz (IPT, 1981b).

O relevo a sul, embora pouco representativo em área, é de morros arredondados com encostas pouco marcadas por cicatrizes de ravinas, com rocha aflorante localmente, principal-

mente nas mesetas isoladas, onde cornijas limitam os topos. A rede de drenagem tende francamente a dendrítica, com subordinações locais às estruturas, de densidade média e vales fechados. Para norte do compartimento o relevo é representado por morrotes alongados e espigões com topos angulosos a achatados e vertentes mais ravinadas, tendendo a retilíneas. Trechos de vales desenvolvem-se mais íngremes a partir de rupturas positivas na alta encosta, morfologia que reflete topos areníticos com vertentes sustentadas por pelitos, conformando pequenos cânions. A rede de drenagem exhibe padrão dendrítico e densidade média a alta, com vales fechados.

Os solos dominantes são Areia Quartzosa e tipos latossólicos arenosos. Subordinada e localmente, ocorrem termos litólicos e rocha aflorante, sempre associados às porções mais declivosas das formas do relevo.

A cobertura arbórea nativa encontra-se restrita às margens de drenagens, onde se apresenta de forma bastante descontínua, e às áreas de maior declividade. O restante da área mostra largo domínio de pastagens.

Segundo Ross & Moroz (1997), a área apresenta grau de entalhe dos vales e dimensão interfluvial médias, classificada como de fragilidade potencial de nível médio, portanto sujeita a forte atividade erosiva.

Os processos erosivos respondem às diferenças morfológicas do relevo. Pequenos escorregamentos e quedas de blocos são observados com alguma freqüência nos declives acentuados e cornijas. Podem remontar aos topos como ravinas e mesmo boçorocas. Ravinamento é notório localmente e a erosão laminar uma constante, sempre decorrentes do uso inadequado das terras.

Síntese conclusiva

Particularmente neste compartimento, a paisagem de mesetas defronte às escarpas da cuesta constitui atributo natural a preservar. O pacote arenítico armazenador do Aquífero Guarani também é importante. A suscetibilidade erosiva é alta na maior parte do compartimento, principalmente nos terrenos areníticos, fato que implica cuidado adicional com o escoamento superficial em ambos os casos.

Embora as fragilidades discriminadas, a mineração é viável, desde que consideradas as características problemáticas do meio, podendo ser impeditiva em porções do compartimento. Sob qualquer circunstância não se pode minerar nas formas de relevo de valor paisagístico incontestável, como mesetas basálticas, escarpas e vales entalhados na forma de cânions.

A situação mais vulnerável quanto ao Aquífero Guarani é decorrente dos falhamentos presentes, exigindo maiores cuidados quando implantadas minerações nessas áreas. Nas demais áreas, o aprofundamento das cavas deve ser restringido em função da profundidade do aquífero.

A extração mineral em encosta deve considerar os fatores limitantes, com maior cuidado nas zonas de adensamento de fraturamento das rochas. Em leito de rio, o cuidado principal é com a integridade de margens em trechos de vertentes mais declivosas e de vales mais fechados, condições que determi-

nam maior tendência à instabilidade.

COMPARTIMENTO IV - COLINAS DO RIO SANTO INÁCIO

O compartimento apresenta substrato rochoso constituído essencialmente pelos termos areníticos da Formação Pirambóia (IPT, 1981 a).

Engloba o conjunto de formas colinosas da alta bacia do Rio Santo Inácio. São colinas amplas que tendem a um perfil suavemente convexo, de topos achatados e extensos e de encostas longas, retilíneas a convexas, freqüentemente com rupturas de declividade suavizadas que definem uma baixa encosta pouco mais inclinada. A rede de drenagem é de baixa densidade, padrão subdendrítico e com vales abertos que confinam planícies aluviais restritas. Lagoas naturais no topo das formas são feições eventuais, podendo estar indicando fluxos subterrâneos facilitados e com remoção de material (*piping*). Essas feições observadas no compartimento não foram averiguadas quanto à natureza.

Os solos do compartimento apresentam perfis espessos, essencialmente de latossolos arenosos e Areia Quartzosa.

A cobertura arbórea nativa encontra-se disposta principalmente nas áreas marginais às drenagens, apresentando porte baixo a médio. Este compartimento, dentre todos, é aquele que apresenta formações ripárias em melhor estado de conservação, sendo poucos os trechos onde há descontinuidade, bem como a ocorrência de cerrado, que se dá mais marcadamente neste compartimento. Quanto à ocupação das terras, predominam áreas de reflorestamentos e pastagens.

O grau de entalhamento dos vales é definido como muito fraco e a dimensão interfluvial como grande Ross & Moroz (1997), o que atribui baixa fragilidade potencial do compartimento à erosão. Tal potencialidade deve ser entendida em termos do escoamento superficial laminar, para o que corroboram a alta permeabilidade do perfil pedológico e a suavidade das formas, características que possibilitam infiltração facilitada e, portanto, menor risco erosivo. Contudo, a modificação do escoamento para um regime concentrado, decorrência da remoção da cobertura vegetal e dos despejos inadequados da ocupação atual, não é suportada do mesmo modo, pois se aliam vertentes de comprimentos longos com materiais de baixa coesão que são facilmente removidos pela força abrasiva das enxurradas, originando ravinas. As boçorocas podem evoluir a partir das ravinas ou então remontar naturalmente a partir de cabeceiras e ribanceiras das calhas de drenagem, pois os perfis pedogenéticos arenosos e de boa permeabilidade facilitam o *piping*.

Conforme observado, processos erosivos lineares ocorrem em qualquer situação de água servida, como denotam as ravinas e boçorocas de grandes dimensões presentes no compartimento. A despejos pluviais da Rodovia Castelo Branco, antigas áreas de empréstimo nos entornos da rodovia e estradas vicinais de terra batida condicionam o maior número de cicatrizes. A erosão laminar é intensa e generalizada. O conjunto de processos erosivos, principalmente para os lados da Rodovia Castelo Branco, provocou assoreamento intenso e generalizado da rede de drenagem local.

Síntese conclusiva

A suscetibilidade erosiva do compartimento é muito alta para processos lineares - ravinas e boçorocas. As características do relevo e as condições de embasamento arenítico aflorante são favoráveis à infiltração e do mesmo modo à contaminação do aquífero subterrâneo.

Com os cuidados devidos, principalmente quanto à instalação de processos erosivos e contaminação do aquífero, a área do compartimento pode ser utilizada para mineração em encosta e leito de rio. Não deve ser permitida nas lagoas em topos de colinas e em planícies aluviais deve-se considerar o estado de conservação dos ambientes ripários e o fato de se posicionarem sobre áreas de recarga do Aquífero Guarani.

COMPARTIMENTO V - MORROTES E COLINAS DE PORANGABA-BOFETE

A quase totalidade da área deste compartimento não é envolvida pelo perímetro da APA. Os arenitos da Formação Pirambóia afloram apenas nos limites ocidentais do compartimento, em áreas restritas ao longo de falha normal que determina o contato com a Formação Teresina, que lhe é sotoposta. Os arenitos ocorrem no vale do Rio do Peixe próximo a Bofete, em parte do interflúvio entre o Ribeirão Moquém e o Rio Bonito, e na Serrinha do Rio do Peixe, a norte do compartimento. As seqüências da Formação Teresina são predominantes, cedendo lugar a sul de Porangaba para unidades subjacentes das formações Serra Alta, Irati e Tatuí, com pequeno corpo de diabásio intrusivo na seqüência. A área de afloramento destas unidades estratigráficas é cortada por ramos de falhas normais, implicando considerar maior densidade de fraturas.

O relevo agrega morrotes, colinas médias e porção restrita de morros arredondados. A distribuição desses sistemas de relevo obedece mais de perto a posições em vales e interflúvios que a variações de substrato rochoso. Os morrotes são alongados, localmente com espigões e vertentes ravinadas, de topos achatados ou angulosos e encostas convexas a retilíneas. Nos divisores ocorrem, predominantemente, as maiores áreas de colinas médias, cujos topos são achatados e as vertentes convexas a retilíneas. O controle estrutural é marcante no conjunto de formas, dado principalmente pela alternância de litossomas. A densidade de drenagem é baixa e alta nas colinas e morrotes, respectivamente, no geral tendendo a média. O padrão dendrítico a subdendrítico é substituído apenas localmente por padrão sub-retangular, denotando condicionamento estrutural. Os vales são predominantemente fechados. Nas colinas são mais abertos e com planícies aluviais interiores restritas. A morraria ocupa pequena área na região de Torre de Pedra. São formas de topos arredondados, localmente achatados, denotando a cobertura arenítica mais desenvolvida. As encostas são retilíneas a convexas, localmente ravinadas e com exposições de rocha. A rede de drenagem é subdendrítica, de média densidade, com vales fechados.

Os solos do compartimento, de modo geral e considerando as diferenças de substrato rochoso e relevo, são podzólicos, cambissolos e litossolos nas rochas pelíticas, enquanto latossolos arenosos, Areia Quartzosa e litossolos seri-

am mais restritos e associados às rochas areníticas.

A cobertura vegetal nativa está limitada a fragmentos situados nas margens de corpos d'água e a poucos e pequenos remanescentes isolados nas encostas. A ocupação antrópica é intensa. Predominam áreas destinadas à pecuária.

Ross & Moroz (1997) determinam grau de entalhe dos vales como muito fraco e as dimensões interfluviais pequenas a muito pequenas, o que redundava em fragilidades potenciais à erosão de níveis alto e muito alto, consubstanciada por possibilidades de ocorrência de ravinas, boçorocas e movimentos de massa. Observa-se predominantemente erosão laminar, sempre presente e não raro muito intensa. Ravinas de portes diversos ocorrem associadas aos solos arenosos e movimentos de massa são mais esparsos, com domínio de rastejos.

Síntese conclusiva

A suscetibilidade erosiva é muito alta, decorrência do relevo movimentado e do estrato impermeável predominante, o que reflete maior potencialidade de erosão laminar que linear, esta mais problemática nos terrenos areníticos, subordinados, no caso.

Quanto ao Aquífero Guarani, a área do compartimento abrange porção restrita do mesmo em seus limites orientais. A presença de falhamentos cortando as rochas armazenadoras, no limite ocidental do compartimento, constitui-se na situação mais preocupante.

Tais fatores não colocam impedimentos maiores para a atividade minerária no compartimento, devendo-se atentar apenas para as situações onde pode existir contribuição à recarga do Aquífero Guarani.

ORIENTAÇÕES BÁSICAS PARA LICENCIAMENTO E ADEQUAÇÃO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS MINERÁRIOS NA ÁREA ESTUDADA

O conjunto de leis e normas técnicas em vigor traz critérios gerais para adequação ambiental e licenciamento dos empreendimentos minerários. Alguns são reproduzidos a seguir, por relevantes, mesmo que modificados parcial ou totalmente em termos de parâmetros. Além do pleno atendimento a tais textos, as fragilidades ambientais da área determinam que outras precauções sejam adotadas para garantir que a mineração seja desenvolvida sem comprometer os atributos da APA. Tem-se:

- I. Considerar com a mesma conotação de *Áreas de Preservação Permanente* instituídas pelo Código Florestal, as seguintes áreas:
 - O reverso da escarpa da cuesta, considerando faixa mínima de 100 metros em projeção horizontal, medida a partir da ruptura de declive positiva que define a crista da escarpa, em analogia com o discriminado na alínea g, artigo 2º do Código Florestal para chapadões e tabuleiros, visto as interpretações dadas à lei, que nem sempre envolvem essa faixa em decorrência da denominação utilizada para a feição geomorfológica - cuesta;
 - O *front* da escarpa de cuesta, considerando os espigões e formas subordinadas que definem os anfiteatros de cabeceiras a partir da escarpa e os depósitos detríticos dispostos em

rampas de colúvio e tálus, e, adicionalmente, faixa de proteção medida a partir da ruptura de declive negativa no sopé das feições morfológicas, com largura definida por critérios geotécnicos que garantam estabilidade às formas de preservação permanente;

- As formas de relevo residuais isoladas e os depósitos detríticos dispostos em rampas de colúvio e tálus aos seus sopés, quando presentes;
- As feições de cânions sustentadas por rochas permianas na região das cabeceiras do Rio do Peixe, particularmente na bacia do Rio Bonito, considerando faixa de 50 metros em projeção horizontal, medida a partir da crista das escarpas que definem os cânions;
- Faixa de terreno para proteção adicional de nascentes definida por duas linhas ortogonais às curvas de nível, traçadas a partir do ponto indicativo de surgência d'água, mesmo que intermitente, e estendida até o divisor d'água, unindo-se as interseções assim obtidas de cada lado por meio da própria linha do divisor. Nos terrenos que se estendem além do limite de 50 m do círculo de proteção a nascentes definido pelo Código Florestal, as ocupações devem adotar práticas de conservação dos solos que minimizem erosão e incrementem infiltração;
- Faixa de terreno para proteção de encostas com 45º ou mais de declividade, medida a partir da ruptura negativa que limita o setor declivoso da encosta em sua porção basal, com largura definida por critérios geotécnicos que garantam estabilidade à forma de preservação permanente.

II. Não deverá ocorrer exploração mineral nos compartimentos, onde os atributos protegidos apresentam maior suscetibilidade à degradação, quais sejam: Compartimento Rio Bonito; Compartimento Escarpas Festonadas e Espigões, exceto nos casos de extração em leito de rio, quando deverão ser aplicadas normas específicas; Compartimento Morrotes e Morros de Torre de Pedra, no caso de exploração mineral que promova a descaracterização de paisagens notáveis, como escarpas das cuestas, mesetas basálticas isoladas e vales entalhados na forma de cânions; nas planícies de inundação do Rio Santo Inácio e cabeceiras do Rio Bonito, bem como na porção da bacia do Rio do Peixe sobre rochas reservatório do Aquífero Guarani; em qualquer planície aluvial quando existirem ambientes ripários em bom estado de conservação;

III. A licença ambiental deve ficar condicionada a medidas ambientais compensatórias por meio de reposição vegetal nativa, em área igual àquela afetada diretamente pelo conjunto de estruturas do empreendimento; a reposição vegetal deverá ser realizada preferencialmente na sub-bacia hidrográfica afetada pela intervenção, privilegiando áreas que melhorarem tamanho e forma de remanescentes florestais ou que promovam a conectividade entre os mesmos;

IV. Projetar a execução de medidas compensatórias e/ou de recuperação ambiental concomitantemente à lavra e concluídas imediatamente ao final da atividade em cada módulo;

V. Projetar a extração mineral em módulos de área a serem explo-

- rados em tempo idêntico, ou múltiplos, do prazo de validade da Licença de Operação;
- VI. Projetar a extração mineral mantendo distâncias, medidas a partir das cristas dos taludes superiores que definem os limites finais de cavas: entre frentes de extração, de no mínimo 100 m em projeção horizontal; entre frentes de extração e limites de imóveis lindeiros, vias públicas de qualquer categoria, ferrovias e edificações, de no mínimo 50 m em projeção horizontal; entre frentes de extração e formações vegetais naturais, com largura determinada pelas características de enraizamento das espécies vegetais presentes, nunca inferior a 50m em projeção horizontal;
- VII. Projetar sistema de drenagem superficial para todas as áreas e estruturas do empreendimento, dimensionado em função de extensão e características morfométricas da área de contribuição e da história pluviométrica da região, considerando no mínimo 25 anos de registros e período de recorrência de episódios críticos de 10 anos;
- VIII. Projetar traçado interno único para tráfego de caminhões e máquinas no empreendimento;
- IX. Projetar o decapeamento da jazida paulatinamente, por módulo de extração mineral;
- X. Projetar cobertura vegetal utilizando espécies rasteiras, para todas as estruturas do empreendimento com solo ou material granular exposto, a ser implantada imediatamente depois de construídas em definitivo, principalmente taludes e bermas de cavas e depósitos, terraços, diques e demais estruturas do sistema de drenagem;
- XI. Projetar práticas de conservação de solos nas áreas sujeitas a processos erosivos;
- XII. Impermeabilizar piso de oficinas e demais áreas de manutenção e abastecimento de máquinas, com sistema de canaletas em concreto instaladas nos limites externos dos pisos, direcionando o escoamento para caixa de separação de óleos e graxas; impedir escoamento de águas pluviais nas áreas impermeabilizadas;
- XIII. Projetar remoção de todo material descartável para fora da área do empreendimento, principalmente lubrificantes, informando o local de destinação final ao órgão ambiental;
- XIV. Não realizar aterramento de cavas ou de qualquer outra estrutura com materiais que não sejam estéreis ou rejeitos da própria extração mineral;
- XV. Monitorar a qualidade da água de acordo com normas ambientais em vigor. No caso de intervenção em aquíferos subterrâneos, livres ou confinados, executar análise da água antes de iniciar a atividade. No caso de acidentes que afetem águas subterrâneas, coletar de imediato amostra de referência como subsídio a plano de recuperação a ser executado;
- XVI. No caso de mineração por desmonte hidráulico e por escavação mecânica em encosta:
- Projetar o limite do piso da praça de extração no mínimo 7 metros acima do nível piezométrico do local;
 - Projetar extração mineral em bancadas, com taludes e bermas em condições de estabilidade geotécnica comprovada por estudos técnicos pertinentes, considerando o talude superior com dimensões máximas de 5 metros de amplitude e 17° de inclinação;
 - Executar taludes e bermas, quando desmonte hidráulico próximo de geometrias finais, com emprego de equipamentos mecânicos convencionais de terraplenagem;
- XVII. No caso de mineração por dragagem em cava submersa em planície aluvial (leito maior):
- Manter distância entre cava e leito menor com dimensão igual à faixa de APP determinada pelo Código Florestal, medida em projeção horizontal entre as cristas da margem do leito menor e do talude superior da cava;
 - Definir talude superior da cava e berma no limite de sua base com geometrias estáveis, definidas por estudos geotécnicos, considerando talude com extensões horizontais mínimas de 15 m submersos e 10 m emersos, com garantia de estabilidade em condições submersas;
- XVIII. No caso de mineração por dragagem em leito de rio:
- Projetar extração mineral obrigatoriamente a partir de estudos batimétricos que comprovem os depósitos de assoreamento no canal fluvial;
 - Executar extração mineral a distâncias das margens que não promovam instabilidade das mesmas, comprovadas por estudos hidráulico-hidrológicos;
 - Utilizar trava para aprofundamento do equipamento de sucção, considerando a profundidade máxima de extração em cada corpo de assoreamento;
- XIX. Para mineração em cava submersa em planície aluvial e por dragagem em leito de rio:
- Implantar estruturas de manutenção e abastecimento de máquinas e depósitos de combustível, lubrificantes e de qualquer outro produto com potencial de poluição, em terreno situado depois dos limites externos da faixa de APP determinada pelo Código Florestal;
 - Considerar o conjunto de estruturas do empreendimento, incluindo pátios de beneficiamento e estocagem de minérios e rejeitos, em área máxima de 0,5 ha, em local único da margem e respeitando a faixa de APP determinada pelo Código Florestal;
 - Cercar faixa de 8 metros de largura no local de transposição da APP, perpendicular ao leito do rio, em local aceito pelo órgão ambiental;
- XX. No caso de mineração de água:

- Instruir o processo de licenciamento ambiental obrigatoriamente com a definição do perímetro de proteção do ponto de captação aprovado pelo DNPM;
- Projetar envasamento sem o emprego de produtos químicos para lavagem de vasilhame.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N. 1977. Os domínios morfoclimáticos da América do Sul. Primeira aproximação. *Geomorfologia*, São Paulo, n. 53, p.1-23

ALMEIDA, F.F.M de. 1964. Fundamentos geológicos do relevo paulista. *Bol. Inst. Geogr. e Geol.*, São Paulo, n. 41, p.169-263.

BUENO, C.R.P.; STEIN, D.P.; GARCIA, G.J. 1995. Expectativa à erosão na bacia do rio Jacaré-Pepira - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. *Resumos Expandidos...* Viçosa. v.4, p.1870-1872.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 1981a. *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala 1:1.000.000*. São Paulo: IPT. 94p. 2v. (Publicação IPT 1183. Monografias, 5).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 1981b. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000*. São Paulo: IPT. 126p. 2v. (Publicação IPT 1184. Monografias, 6).

IWASA, O.Y.; PRANDI, E.C.; KERTZMAN, F.F.; OLIVEIRA, A.M.S.; PONÇANO, W.L.; SALOMÃO, F.X.T. 1987. Áreas de risco ao desenvolvimento de erosão por ravinas e boçorocas na Folha de Marília, SF.22-Z-A. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROÇÃO, 4., 1987, Marília. *Anais...* São Paulo. p.137-148.

MITSCHE, W.J.; GOSSELINK, J.G. 2000. *Wetlands*. John Wiley and Sons. 936 p.

OLIVEIRA, A.M.S.; PONÇANO, W.L.; SALOMÃO, F.X.T.; DONZELI, P.L.; ROCHA, G.A.; VALÉRIO FILHO, M. 1987. Questões metodológicas em diagnósticos regionais da erosão: a experiência pioneira da bacia do Peixe-Paranapanema (SP). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROÇÃO, 4., 1987, Marília. *Anais...* São Paulo. p.51-71.

OLIVEIRA, A.M.S. 1994. *Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios Exemplo do reservatório de Capivara, rio Paranapanema, SP/PR*. São Paulo. 221p. (Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo - FFLCH - USP).

PONÇANO, W.L.; KERTZMAN, F.F.; SALOMÃO, F.X.T. 1987. Fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos no desenvolvimento de boçorocas na bacia do Peixe-Paranapanema. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5., 1987, São Paulo. *Anais...* São Paulo. v.2, p.413-422.

ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. 1997. *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000*. São Paulo: FFCLH/USP/DG/LG. 64p.

SALOMÃO, F.X.T. 1994. *Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural*. São Paulo. 200p. (Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências

Humanas da Universidade de São Paulo - FFLCH - USP).

SILVA, J.M.C. 1995. Birds of the Cerrado Region South America. *Steenstrupia*, n. 21, p.69-92.

STEIN, D.P.; DONZELI, P.L.; GUIMENEZ, A.F.; PONÇANO, W.L.; LOMBARDI NETO, F. 1987. Potencial de erosão natural e antrópico na bacia do Peixe-Paranapanema. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROÇÃO, 4., 1987, Marília. *Anais...* São Paulo. p.105-135.

STEIN, D.P.; PONÇANO, W.L.; IWASA, O.Y.; CANIL, K. 1995. Bases técnicas para a recuperação da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, oeste paulista. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE EROÇÃO, 5., 1995, Bauru. *Anais...* São Paulo. p.311-313.

STEIN, D.P. 2000. *Avaliação da degradação do meio físico. Bacia do rio Santo Anastácio. Oeste paulista*. Rio Claro. 197p. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho - Câmpus Rio Claro IGCE - UNESP).

STEIN, D.P.; PONÇANO, W.L.; SAAD, A.R. (no prelo). Erosão na bacia do rio Santo Anastácio, oeste paulista. 2003. *Geociências*, São Paulo, 31p.

STOTZ, D.F.; FITZPATRICK, J.W.; PARKER III, T.A.; MOSKOVITS, D.K. 1996. *Neotropical Birds: Ecology and Conservation*. University of Chicago Press, Chicago, WISHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. 1965. *Predicting rainfall erosion losses from cropland East of the Rocky Mountains*. Washington: USDA. Handbook, 282. 47p.