

ISSN 1678-0892

Dezembro, 2005

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 86

Avaliação de Impacto Ambiental - o caso do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS

*Jesus Fernando Mansilla Baca
Sergio Gomes Tôsto
Marie Elizabeth Christine Claessen
Antonio Ramalho Filho
Elizabeth Santos Brandão
Julio Roberto Pinto Ferreira da Costa*

Rio de Janeiro, RJ
2005

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Solos

Rua Jardim Botânico, 1.024 Jardim Botânico. Rio de Janeiro, RJ

Fone:(21) 2179.4500

Fax: (21) 2274.5291

Home page: www.cnps.embrapa.br

E-mail (sac): sac@cnps.embrapa.br

Supervisor editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Normalização bibliográfica: *Marcelo Machado de Moraes*

Revisão de Português: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Editoração eletrônica: *Pedro Coelho Mendes Jardim*

1ª edição

1ª impressão (2005): Online

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Baca, Jesus Fernando Mansilla.

Avaliação de impacto ambiental -- o caso do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos --
SiBCS [recurso eletrônico] / Jesus Fernando Mansilla Baca ... [et al.]. -- Dados eletrônicos. -- Rio
de Janeiro: Embrapa Solos, 2005.

(Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892 ; 86)

Modo de acesso: <http://www.cnps.embrapa.br>>.

1. Impacto Ambiental. 2. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. SiBCS. I. Tôsto, Sergio
Gomes. II. Claessen, Marie Elizabeth Christine. III. Ramalho Filho, Antonio. IV. Brandão, Elizabeth
Santos. V. Costa, Julio Roberto Pinto Ferreira da. VI. Embrapa Solos. VII. Título. VIII. Série.

CDD (21. ed.) 333.714

© Embrapa 2005

Sumário

1. Introdução	5
2. Descrição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos..	5
3. Descrição dos componentes, sub-componentes e indicadores de impacto ambiental.....	9
4. Metodologia	28
5. Resultados e Discussões.....	44
6. Considerações Finais.....	47
7. Referências Bibliográficas	48

1. Introdução

As discussões sobre as questões ambientais nestas últimas décadas têm trazido grandes preocupações para a humanidade, devido ao fato de que esta vem se apropriando dos recursos naturais de forma desordenada, onde sua capacidade de regeneração está abaixo do nível de exploração. A avaliação de impactos ambientais, além de sua imposição legal, possui também razões de ordem econômica, social, ecológica e ética na busca de um meio ambiente saudável.

Conforme resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia (MIRRA, 1998).

Este trabalho foi desenvolvido por uma equipe de pesquisadores da Embrapa Solos com o objetivo de avaliar os impactos ambientais do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos, tendo como base o trabalho desenvolvido por Rodrigues et al. (2000) e Rodrigues et al. (2002), buscando-se uma participação ativa dos usuários da tecnologia.

2. Descrição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS, de abrangência nacional, foi publicado em 1999 (EMBRAPA, 1999). O público usuário é composto por professores e estudantes de pós-graduação de universidades e faculdades públicas ou privadas, ligadas ao ensino das Ciências do Solo, principalmente gênese e morfologia do solos, manejo e conservação de solos, classificação de solos, física do solo, química do solo e biologia do solo. Trata-se, portanto, de uma tecnologia geradora de conhecimento.

Classificação de solos no Brasil tem sido matéria de interesse essencialmente motivado pela necessidade decorrente de levantamentos pedológicos, os quais, por natureza, constituem gênero de trabalho indutor de classificação de solos.

O sistema de classificação pedológica nacional vigente (EMBRAPA, 1999) consiste numa evolução do antigo sistema americano, formulado por Baldwin et al. (1938), modificada por Thorp e Smith (1949). Esta classificação, que veio a ser nacionalizada, tem sua base fundada, em essência, nos conceitos centrais daquele sistema americano, contando, porém, com o amparo complementar de exposições elucidativas de conceitos e critérios, como foram proporcionados por algumas obras-chave, principalmente as de autoria de Kellogg (1949) e Kellogg e Davol (1949) de interesse mormente a latossolos; a de Simonson (1949), referente a podzólicos vermelho-amarelos; a de Simonson et al. (1952) pertinente a diversos grandes grupos de solos; a de Estados Unidos (1960) de interesse de solos glei e solos salinos e alcalinos e a de interesse a rendzinas e vertissolos (grumussolos). Os conceitos centrais do antigo sistema americano formam a base da atual classificação brasileira transmutada, cuja esquematização atual descende de modificações de critérios, alteração de conceitos, criação de classes novas, desmembramento de algumas classes originais e formalização de reconhecimento de subclasses de natureza transicional ou intermediária. O processo foi sempre motivado pela apropriação das modificações às carências que se iam revelando, com a realização de levantamentos em escalas médias e pequenas, em que concorriam classes de categorias hierárquicas mais elevadas. O enfoque principal sempre esteve dirigido ao nível hierárquico de grandes grupos de solos, aliado ao exercício da criatividade, tentativa no que corresponde ao nível de subgrupo, posto que classes dessa categoria nunca foram estabelecidas no sistema primitivo (BALDWIN et al., 1938; THORP; SMITH, 1949).

As modificações se iniciaram na década de 1950, com os primeiros levantamentos pedológicos realizados pela então “comissão de solos” do CNEPA – Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agrônomicas. Tornaram-se mais intensas a partir do final daquela década, com amplo uso de princípios que foram sendo reconhecidos em paralelismo com as aproximações do novo sistema americano de classificação de solos, que então se desenvolvia (ESTADOS UNIDOS, 1960), dando origem ao “Soil Taxonomy”, classificação oficial atualmente vigente naquele país (ESTADOS UNIDOS, 1975). Muitas concepções surgidas com a produção desse novo sistema vieram a ser absorvidas na classificação em uso no Brasil. Igualmente, alguns conceitos e critérios firmados no es-

quema referencial do Mapa Mundial de Solos (FAO, 1974) foram também assimilados no desenvolvimento da classificação nacional.

No levantamento pedológico do Estado de São Paulo (BRASIL, 1960) foi reconhecido que horizontes pedogenéticos distintivos, próprios de determinados solos, são legítimos como critério diagnóstico para estabelecimento e definição de classes de solos em se tratando de sistema natural de classificação. Assim, foram pela primeira vez, no Brasil, empregados conceitos de horizonte B latossólico e horizonte B textural.

Como contribuições adicionais das pesquisas básicas inerentes ao levantamento de solos daquele trabalho para a classificação pedológica brasileira, contam-se a conceituação de Latossolos, subdivisão tentativa de classes dos Latossolos em decorrência das variações encontradas – Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico; a criação da classe Terra Roxa Estruturada; e a subdivisão dos Solos Podzólicos, em razão, mormente, de distinções texturais entre solos, expressão do B textural no perfil, extraordinário contraste textural entre os horizontes eluviais e o B textural e, sobretudo, elevada saturação por bases no B textural ou mesmo no “solum”, condição até então não tornada ciente na classificação de solos podzólicos tropicais.

Já o levantamento pedológico realizado no sul de Minas, dá reconhecimento ao horizonte B incipiente, diagnóstico para a classe que abrigava os solos brunos ácidos – precursora da classe Cambissolos.

Daí por diante, os levantamentos pedológicos, que vinham sendo executados pela “comissão de solos” e instituições sucessoras, foram demandando adequação aos solos que foram sendo identificados, especialmente no que diz respeito à diversidades de atributos, variabilidade morfológica e de constituição. Por consequência, modificações e acréscimos foram sendo adotados, envolvendo reajustes e inovações em critérios distintivos, resultando nas normas descritas pela Embrapa (1988).

Assim, repartições de grandes grupos iniciais foram sendo estabelecidas, decorrentes de disparidade em saturação por bases, atividade das argilas que tem como expressão a CTC dos colóides inorgânicos, saturação por sódio, presença de carbonato de cálcio, mudança abrupta de textura para o horizonte B, entre outros atributos.

A coleção de critérios veio a abranger variados atributos diagnósticos, a par de diversos tipos de horizontes A, de horizontes B e de outros horizontes diagnósticos de posição variável nos perfis de solo, os quais foram assimilados com o correr do desenvolvimento do novo sistema americano de classificação pedológica (ESTADOS UNIDOS, 1960; 1975) e do esquema FAO (1974).

Grande número de classes de solos de alto nível categórico vieram a ser incluídas para apropriar classificação de tipos de solos expressivamente distintos, os quais foram sendo identificados durante levantamentos pedológicos realizados na ampla diversidade de ambiência climática, geomórfica, vegetacional e geológica do território nacional.

O outro aditamento ao sistema adveio de estudo de solos na região Sul do país, dando a conhecer no planalto de Curitiba solos "*sui generis*", motivando a proposição da classe rubrozém (BRAMÃO; SIMONSON, 1956).

Também da década de 1950 provém o reconhecimento da classe Hidromórfico Cinzento (BRASIL, 1958), constituindo derivação a partir de Planossolo e Glei Pouco Húmico do sistema americano, então vigente (BALDWIN et al., 1938; THORP; SMITH, 1949).

Posteriormente à distinção das classes latossolo roxo, latossolo vermelho-escuro, latossolo vermelho-amarelo, cogitadas igualmente no referido Levantamento do Estado de São Paulo, outras classes foram acrescentadas com o estabelecimento de Latossolo Amarelo pelos trabalhos de Day (1959) e Sombroek (1961) na Amazônia; latossolo bruno, identificado por Lemos et al. (1967) no Rio Grande do Sul; latossolo variação una de constatação a partir de 1963 no Sul da Bahia (EMBRAPA, 1977-1979); e latossolo ferrífero, como conceituado por Camargo (1982). A propósito da distinção de latossolos, Camargo et al. (1988) prestam conta da classificação desses solos no país.

Areias Quartzosas constituem classe de solos reconhecidas desde o início da década de sessenta (BRASIL, 1969) para formar grupo independente, desmembrado dos Regossolos – classe tornada menos abrangente pela exclusão daqueles solos quartzosos - definidos como solos pouco desenvolvidos em virtude da própria natureza refratária do material quartzoso, resultante em pouca evolução pedogenética.

Modificação de conceito no início da década de setenta, induzida pela realidade de solos identificados em diversas verificações de campo, tornaram efetivada a classe solos litólicos (BRASIL, 1972).

No levantamento pedológico do Ceará, foram constatados solos podzólicos com características peculiares e atípicas em relação às concepções originais de classes estabelecidas destes solos, e motivaram o reconhecimento da classe podzólico acinzentado (BRASIL, 1973).

Similarmente, outros solos podzólicos atípicos, formados em cobertura atinente à Formação Barreiras (e congêneres), como contraparte de latossolos amarelos, motivaram a proposta de estabelecimento da classe podzólico amarelo (REUNIÃO..., 1979).

Solos de identificação problemática, visualizados como similares de terra roxa estruturada – contudo diferenciados pela cor relacionada aos constituintes oxidícos – têm sido encontrados na região Sul e sua discriminação vem sendo contemplada com a formulação da classe terra bruna estruturada (EMBRAPA, 1979; CARVALHO, 1982).

Plintossolo constitui classe firmada no término da década de setenta, como resultado de anos de reflexão sobre a validade da conceituação dos atuais Plintossolos como classe individualizada no sistema referencial. Grande parte dessa classe é integrada pelos vários solos da antiga classe Laterita Hidromórfica, com agregação de parte dos solos de algumas outras classes, conceituadas antes do Plintossolo.

O último acréscimo importante no sistema referencial foi a classe Podzólico Vermelho-Escuro (CAMARGO et al., 1982), provendo grupo à parte de solos distintos da tradicional classe Podzólico Vermelho-Amarelo. O posicionamento dessa nova classe, em termos de cor, é homólogo a de latossolo vermelho-escuro. A classe estabelecida inclui parte desmembrada de Podzólico Vermelho-Amarelo e engloba a totalidade da extinta Terra Roxa Estruturada Similar.

Estas foram importantes mudanças que incidiram na trajetória da classificação de solos no sentido de sua nacionalização ora efetivada por meio das quatro aproximações elaboradas de 1980 a 1997, e da publicação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

3. Descrição dos componentes, sub-componentes e indicadores de avaliação de impacto ambiental

3.1. Eficiência Tecnológica

O aspecto de Eficiência Tecnológica refere-se à contribuição da tecnologia para a sustentabilidade da atividade agropecuária a montante do processo produtivo, representado pela adequação da utilização de insumos, sejam eles tecnológicos ou naturais. Os indicadores de eficiência tecnológica são: (I) uso de agroquímicos, (II) uso de energia, e (III) uso de recursos naturais.

I. Uso de agroquímicos

Uma característica comum a toda atividade agropecuária é a busca de produção de excedentes que possam ser colhidos e utilizados para consumo na propriedade ou vendidos. Essa produção de excedentes faz-se à custa de nutrientes do solo, que devem ser repostos a uma taxa compatível com sua extração. Quando a atividade agropecuária é de intensidade tal que as taxas naturais de reposição de nutrientes do solo não são suficientes para repor sua extração pela colheita, estes devem ser aplicados na forma de fertilizantes. Por outro lado, com o intuito de maximizar a produção, quaisquer organismos que possam reduzir a produtividade são controlados com pesticidas. Os produtos empregados para fertilização do solo e controle de organismos são os agroquímicos, como são genericamente denominados. Geralmente o uso de agroquímicos é considerado como sendo inversamente proporcional à sustentabilidade agropecuária, por dois motivos principais: primeiro por serem recursos externos à propriedade e terem um valor comparativo alto, impondo assim um importante dreno de capital; segundo, por terem alto potencial poluidor e causarem problemas de contaminação quando não empregados de forma adequada. Existe uma grande variedade de alternativas tecnológicas que contribuem para reduzir e racionalizar o uso de agroquímicos (PIMENTEL, 1988). Dentre as tecnologias de substituição de fertilizantes lista-se, por exemplo, as rotações de culturas, adubação-verde, inoculação de microrganismos fixadores de nitrogênio atmosférico, inoculação de fungos micorrízicos que facilitam a absorção de fósforo, cultivo de plantas que favorecem estes microrganismos simbiotes, e técnicas de cultivo mínimo, como o plantio-direto na palha. Exemplos de tecnologias dirigidas à racionalização do uso de pesticidas incluem métodos físicos de controle, várias formas de

controle biológico, técnicas especiais de aplicação (ultra-baixo volume e pulverização eletrostática, entre outras), uso de substâncias pouco tóxicas ou específicas como feromônios, plantio de variedades resistentes e combinações de tecnologias inseridas no contexto de manejo ecológico ou integrado de pragas (MIP).

1.a. Uso de pesticidas

Sob a denominação geral de pesticidas (praguicidas, agrotóxicos, biocidas, defensivos agrícolas) incluem-se milhares de substâncias das mais diversas classes químicas e toxicológicas, geralmente agrupadas segundo seu uso como inseticidas/acaricidas/nematicidas, fungicidas, herbicidas, esterilizantes de solo, rodenticidas e uma variedade de outros agentes de controle químico. Resíduos de pesticidas hoje ocorrem em todos os ambientes do planeta, e graves problemas ocupacionais e toxicológicos estão associados ao seu uso (RODRIGUES, 1998). Importantes avanços tecnológicos e de conscientização sobre estes problemas, contudo, têm sido observados nos últimos anos, e uma grande atenção tem sido dirigida à necessidade de racionalização do uso de pesticidas (RODRIGUES, 1998). Devido à enorme diversidade de classes químicas existentes e das possíveis interações físico-químicas com a água, o solo e matrizes biológicas, o estudo do comportamento ambiental dos pesticidas é extremamente complexo. O SiBCS oferece informações primárias de como determinado solo reage ao uso de pesticidas. Exemplo, em um solo arenoso sujeito a muita precipitação, ao utilizar um pesticida, o mesmo pode percolar e atingir o lençol freático; em solos mais susceptíveis à erosão, o uso de pesticidas pode conduzir ao acarreamento das substâncias aos mananciais.

Esta complexidade é resolvida no sistema pela consideração de um componente descritivo da alteração do uso de pesticidas devido à inovação tecnológica em avaliação, qual seja:

i) Frequência: a alteração na frequência do uso de pesticidas refere-se especificamente ao número de operações de aplicação, independentemente do tipo de produto utilizado. O coeficiente de alteração do componente deve levar em consideração o aumento ou diminuição do número de aplicações primeiro comparativamente, considerando a situação de manejo da atividade em avaliação antes e depois da adoção da inovação tecnológica.

1.b. Uso de fertilizantes

A manutenção e recuperação da fertilidade do solo é um dos aspectos fundamentais do desenvolvimento agrícola sustentável. A fertilidade do solo resulta da interação de fatores dinâmicos físicos, químicos e biológicos, que, atuando sobre a matriz geológica ao longo do tempo e sob a influência do clima, condiciona a gênese e a evolução do perfil do solo. As atividades agropecuárias causam drásticas alterações no solo, como a depleção química pela extração e exportação dos nutrientes contidos na produção ou lixiviados pelo excesso de água, ou degradação física resultante da erosão e oxidação da matéria orgânica. O adequado manejo do solo é essencial para a sustentabilidade agrícola, e deve envolver, de um lado, cuidados para evitar a erosão e a consequente perda de solo do perfil; e, de outro, mecanismos para reposição dos nutrientes exportados na colheita ou perdidos devido à exposição e ao tempo. Em relação à avaliação de impactos de inovações tecnológicas, essas medidas de manejo do solo podem ser separadas segundo seu objetivo de evitar a degradação físico-química-biológica do solo (incluídas adiante no aspecto de Conservação Ambiental), e de repor a depleção química, que na maioria das vezes depende da aplicação de fertilizantes, e é aqui incluída no aspecto de Eficiência Tecnológica. Três categorias de insumos de fertilidade são incluídas no sistema, quais sejam, i) NPK, ii) calagem e gessagem, iii) resíduos.

i) NPK: os principais macronutrientes obtidos do solo necessários para o desenvolvimento vegetal são o nitrogênio, o fósforo e o potássio, que compõem as formulações dos fertilizantes mais comuns frequentemente utilizados nas culturas agrícolas em geral. Esses fertilizantes são produzidos a partir de rochas ou por processos químicos e são aplicados no solo de forma a ficarem disponíveis na solução do solo para absorção pelas plantas. Assim, de um lado esses fertilizantes são recursos não renováveis de alto valor monetário relativo; e, de outro, devido à alta solubilidade, podem ser facilmente lixiviados e carregados para corpos d'água (superficiais ou subterrâneos), onde se comportam como poluentes. Dessa forma, o uso de NPK apresenta dupla inserção para avaliação de alteração do componente: de um lado, determina dependência de insumo externo à propriedade (caráter pouco relativo); e, de outro, determina um potencial poluente de forte interação com múltiplas alternativas de

manejo conservacionista, segundo o qual pequenas modificações comparativas podem ser importantes.

ii) Calagem: no processo de formação do solo pode haver uma acidez natural decorrente da pedogênese. A acidez também pode ser consequência da exposição do solo promovida pela remoção da vegetação nativa e das operações de aração e gradagem normalmente realizadas para cultivo devido à oxidação da matéria orgânica e à diminuição da capacidade de retenção de cátions pelo solo. A lixiviação preferencial de compostos hidrossolúveis resulta em desequilíbrios químicos, dentre os quais o acúmulo de H^+ e a acidificação do solo. Em solos ácidos a capacidade de troca de cátions é diminuída, a interação eletroquímica entre as partículas é modificada, prejudicando a estrutura e a condutividade hidráulica, e elementos tóxicos como o alumínio têm sua atividade aumentada. Todos esses fatores causam severo comprometimento da capacidade produtiva em solos ácidos. O SiBCS permite uma adequada recomendação de aplicação de calcário. A aplicação de calcário é utilizada para reverter a acidificação e traz grande melhoria nas características físico-químicas do solo, devendo ser considerada uma prática benéfica quando realizada em intervalos adequados. O aumento das doses de calcário acima das recomendadas deve ser considerado um impacto negativo por impor um dreno de capital à propriedade e indicar manejo inadequado do solo. Assim, uma diminuição correspondente a 50% no intervalo de tempo entre calagens é qualificada como um grande aumento nesse componente. Inversamente, um aumento superior a 50% no intervalo de tempo entre calagens indica melhoria de manejo e da eficiência tecnológica, sendo qualificada como grande redução nesse componente, e alterações inferiores a 50% são consideradas moderadas.

Gessagem - a utilização do gesso nas atividades agrícolas foi iniciada nos anos 70, para corrigir a acidez potencial do solo, como fonte de Ca e S, e para a correção de solos salinos. Entretanto, a utilização inadequada de gesso pode promover impactos negativos. A sua utilização correta, a partir de informações do SiBCS, conduz a um impacto positivo.

iii) Resíduos recicláveis orgânicos e inorgânicos: dependendo da classe de solo, o mesmo não tem capacidade de suporte para resíduos como lodo de esgoto e vinhaça (ex: gleissolos).

II. Uso de energia

O segundo indicador de Eficiência Tecnológica considerado no AMBI-TEC-AGRO é o Uso de Energia. O uso de energia é essencial em todas as etapas da produção agropecuária e envolve desde fontes naturais, como as energias solar e hidráulica, passando pela energia embutida nos insumos, como fertilizantes, até o consumo mais evidente de combustíveis empregados nas operações mecanizadas. Com o intuito de avaliar o impacto ambiental relativo à eficiência tecnológica, somente o uso relativo à biomassa está incluído neste indicador. A interação entre consumo de energia das mais diversas fontes e o impacto ambiental das atividades agropecuárias é complexa, sendo que atividades mais intensivas em geral dependem mais fortemente de fontes de energia externas à propriedade. O uso de energia aqui considerado é a biomassa.

i) Biomassa - uma parte considerável da energia consumida no meio rural é geralmente suprida diretamente por combustão de biomassa. Além de ser uma fonte renovável de energia normalmente produzida na propriedade, quando bem planejada a queima de biomassa também oferece um destino valioso a excedentes de restos vegetais que muitas vezes não têm outra aplicação. Por outro lado, a extração de vegetação para produção de lenha acima da capacidade de suporte tem sido responsável por enorme degradação ambiental em muitas regiões do mundo, inclusive em extensas áreas do Brasil. O SiBCS orienta a escolha de áreas apropriadas para diversos fins. Klabin e Aracruz, por exemplo, utilizam a informação de explorar a madeira para produção de papel em latossolos. O conhecimento do solo também leva a medidas de preservação.

III. Uso de recursos naturais

Além do uso dos insumos tecnológicos providos pelo sistema econômico, mencionados acima, a produção agropecuária depende do uso de recursos naturais, considerados não simplesmente como base para locação ou sustentação das atividades, mas como recursos incorpora-

dos diretamente ao processo produtivo como insumos, cujo uso é passível de alteração segundo a eficiência tecnológica. Nesse indicador, então, avalia-se a necessidade imposta pela tecnologia do uso de água para irrigação, água para processamento, solo para plantio e recursos minerais.

i) Água para irrigação - ainda que restrito às atividades agrícolas de produção irrigada, o uso de água para irrigação é um importante componente do uso de recursos naturais no meio rural. O uso racional da água para irrigação implica, de um lado, a conservação desse recurso crescentemente escasso na maioria das regiões do país; e, de outro, a eficiência do processo como um todo. Alterações superiores a 25% no volume de água para irrigação devem ser consideradas grandes.

ii) Solo para plantio (área) - em termos de eficiência tecnológica agropecuária, o uso do solo pode ser equiparado com produtividade. Com maior produtividade, menos área cultivada necessita ser incorporada ao processo produtivo, o que resulta em economias em toda sorte de insumos. Mais importante, reduz-se a pressão para ocupação de novas áreas, geralmente hoje compostas por áreas marginais ou habitats naturais nas regiões da fronteira de expansão da ocupação agropecuária. Por essas implicações, alterações superiores a 25% na necessidade de área de plantio (ou seja, alterações correspondentes de produtividade) devem ser consideradas grandes.

iii) Recursos minerais: O SiBCS em algumas circunstâncias pode fornecer informações para a prospeção mineral. Ex.: onde ocorrem latossolos ferríferos são indicativos de ambientes ricos em minérios de ferro.

3.2. Conservação Ambiental

Uma vez considerada a eficiência da inovação tecnológica sobre o uso de insumos, que representa sua contribuição para a sustentabilidade da atividade agropecuária a montante do processo produtivo, deve-se atentar para os impactos da inovação tecnológica a jusante, ou seja, a contaminação do ambiente pelos resíduos gerados pela atividade produtiva agropecuária e a depauperação dos habitats naturais e da

diversidade biológica devido à adoção da tecnologia. Esses impactos são avaliados por indicadores de emissão de poluentes relacionados com o comprometimento potencial da qualidade ambiental dos compartimentos I) atmosfera, II) capacidade produtiva do solo, III) água e pela perda de IV) biodiversidade.

I. Atmosfera

Os impactos ambientais das atividades agropecuárias têm atingido tamanha grandeza e intensidade que recentemente vêm sendo incluídos nos inventários e projetos de investigação sobre as mudanças do clima planetário. Isto se deve principalmente à contribuição das atividades agropecuárias para o aquecimento global da atmosfera, com a emissão de gases causadores do efeito estufa. Além desse impacto de escala global, as atividades agropecuárias frequentemente causam emissões de poeiras, odores e podem ainda gerar ruídos. Assim, o componente para avaliação do indicador de impacto ambiental será somente a evapotranspiração.

II. Capacidade produtiva do solo

A avaliação de impactos ambientais relativos ao compartimento solo não pode ser diretamente medida pela alteração dos parâmetros de qualidade, normalmente relacionados com a fertilidade para fins agrícolas. Isto se deve ao fato de que a fertilidade do solo não é, necessariamente, equivalente à qualidade do ambiente. De fato, são comuns as situações nas quais solos férteis e produtivos estão inseridos em ambientes fortemente degradados, e vice-versa, muitos ambientes naturais de alto valor ecológico ocorrem em solos extremamente pobres e inférteis. Ainda assim, a qualidade do solo é um indicador fundamental da sustentabilidade das atividades agropecuárias, e deve ser inserida nas avaliações de impacto ambiental de tecnologias. Para tanto, pode-se associar ao indicador de qualidade do solo um condicionante de tempo e de intensidade, dependente das ações de manejo, de acordo com o objetivo da avaliação (no caso presente, o uso sustentável), de maneira que as alterações nas características químicas, físicas e biológicas do solo sejam enfatizadas, antes das características pedogenéticas. O indicador de contribuição da inovação tecnológica agropecuária para a conservação ambiental relativa à qualidade do solo no sistema é, assim,

representado por alteração na capacidade produtiva, avaliada pelos componentes i) erosão, ii) teor de matéria orgânica e de iii) nutrientes, iv) compactação e v) disponibilidade de água no solo.

i) Erosão: a erosão é o principal fator de degradação do solo, especialmente em regiões tropicais sujeitas a chuvas torrenciais altamente erosivas. A erosão compromete a produtividade pela degradação e perda do solo, diminuição da uniformidade de condições agronômicas no campo cultivado, pela redução na capacidade de retenção de água e pela perda de nutrientes e matéria orgânica. É, portanto, um componente composto, que inclui outros componentes de avaliação de efeitos da tecnologia sobre a capacidade produtiva do solo. Por ser função de uma complexa interação de fatores ambientais e de manejo, que envolvem características de erodibilidade do solo, da declividade e extensão da pendente, da cobertura vegetal, da erosividade das chuvas e das práticas e medidas de controle, a erosão potencial é extremamente variável. De uma forma geral, considera-se que taxas de erosão de até uma dezena de toneladas de solo perdidas por hectare por ano podem ser admitidas (limite aproximado estabelecido pelo Serviço Americano de Conservação do Solo) mas esse limite pode variar grandemente de região para região em função da classe do solo (latossolo - neossolo). Devido à complexidade de sua avaliação e da variabilidade dos limites aceitáveis segundo as condições locais, recomenda-se que a avaliação do coeficiente de alteração desse componente seja feita pela comparação da ocorrência de três categorias de erosão, quais sejam, erosão laminar, em sulcos e voçorocas (ravinamento). O coeficiente de alteração do componente deve ser considerado moderado quando envolver a adoção de até três práticas conservacionistas. Por outro lado, a alteração é considerada grande quando envolver a adoção de mais de três práticas.

ii) Teor de matéria orgânica: a matéria orgânica é um condicionante essencial na dinâmica do solo com reflexos na fertilidade, na CTC, na estabilidade dos agregados do solo entre outros, ou seja, da capacidade de manter suas características físicas, químicas e biológicas quando submetido ao manejo agrícola. Especialmente em solos tropicais, mormente compostos por argilas fortemente hidrolizadas

e oxidadas cuja capacidade de troca de cátions é restrita, a matéria orgânica exerce duplo papel: de condicionante químico, servindo como sítio de adsorção e troca de nutrientes; e de condicionante físico, como cimento para as partículas minerais do solo, contribuindo para sua estruturação e retenção de água. Ademais, a matéria orgânica é o substrato para desenvolvimento da biota do solo, responsável pela aeração do perfil e pela ciclagem dos nutrientes. A oxidação da matéria orgânica, devido à exposição do solo pela retirada da vegetação nativa e pelas operações de aração e gradagem, resulta em redução do conteúdo orgânico dos solos, perda de sua estrutura e da capacidade de retenção de nutrientes e água. O conteúdo orgânico é extremamente variável segundo a gênese e o histórico de ocupação do solo. Para avaliação operacional do coeficiente de teor da matéria orgânica do solo, recomenda-se a utilização da cor; espessura e tipos de horizonte A superficial, caracterização analítica e histórico de uso do solos.

iii) Teor de nutrientes: este componente do indicador de capacidade produtiva do solo é relacionado com os componentes anteriores, e deve ser avaliado segundo informações analíticas dos níveis dos nutrientes para fins de fertilização e calagem, normalmente disponíveis na propriedade. O SiBCS fornece a informação da situação natural do solo (marco). O teor aumenta ou diminui em relação à condição inicial ditada pela classificação do solo. O SiBCS impacta pouco nesse item. Esta avaliação deve concentrar-se, contudo, na alteração da necessidade de aplicação de fertilizantes para reposição de perdas, excluindo possíveis mudanças devidas a exigências nutricionais ou características tecnológicas típicas de intensificação produtiva, anteriormente inseridas no componente NPK, do indicador de uso de agroquímicos, no aspecto de eficiência tecnológica. Com isto procura-se reduzir dupla contagem, embora deva-se admitir que total independência entre esses componentes e indicadores não existe. Na ausência de informações analíticas, solicita-se que o produtor/responsável avalie a extensão da perda de nutrientes segundo seu conhecimento sobre as características do solo local e sua experiência histórica de fertilização da área, ou sobre os efeitos do uso da tecnologia em avaliação.

iv) Compactação: o uso intensivo de máquinas pesadas e o sobrepastoreio são as principais causas da compactação do solo. Solos compactados dificultam a aeração e a condutividade da água, prejudicando a penetração das raízes e, conseqüentemente, impede que um maior volume de solo forneça nutrientes à planta, comprometendo fortemente a produtividade. O SiBCS tem relevância para este indicador na medida em que fornece informações sobre as classes de solo susceptíveis à compactação. A avaliação operacional do coeficiente de alteração desse componente deve basear-se na cobertura relativa de superfície compactada na área de influência da atividade à qual a tecnologia é aplicada. Solicita-se que o produtor/responsável avalie a extensão da compactação segundo seu conhecimento sobre as características do solo local e sua experiência histórica de uso e característica da área, recomendando que considere como grande a alteração que implique mais de 25% de superfície compactada na área considerada.

v) Disponibilidade de água no solo: a disponibilidade de água no solo é importante na produtividade das culturas na medida em que condiciona o fluxo de nutrientes e da água. É função de determinadas características do solo, tais como textura, tipo de argila, estrutura, matéria orgânica e concentração de sais. O SiBCS oferece informação sobre o solo com essas características. O impacto do SiBCS na disponibilidade de água pode ser medido pela ocorrência daquelas características em nível acentuado.

III. Água

A qualidade da água é possivelmente o indicador mais sensível dos impactos causados pelas atividades agropecuárias, pois praticamente toda inadequação do manejo resultará em conseqüências negativas sobre as águas, seja no ambiente imediato no qual desenvolve-se a atividade produtiva, seja no seu entorno. Nesse sentido, a avaliação de alterações na qualidade das águas tem um caráter composto, que reflete as conseqüências de ações de manejo em geral, e portanto não é possível tratar este componente como totalmente independente dos anteriormente mencionados, não só em relação ao aspecto de Conservação Ambiental, mas também quanto à Eficiência Tecnológica. Isto significa que é necessário ter em mente

que uma dupla contagem ocorre quando as alterações da qualidade das águas são consideradas na avaliação de impactos ambientais da inovação tecnológica, mas isso é inevitável, dado o caráter sistêmico do ambiente. Uma outra consideração importante do caráter sistêmico da avaliação dos impactos das atividades agrícolas sobre as águas diz respeito à compartimentação das águas em duas unidades interrelacionadas e de igual importância, quais sejam, as águas superficiais e subterrâneas. Embora o estudo dessas unidades compreenda especificidades fundamentais, que são refletidas em todos os aspectos de consideração, desde legais, de vulnerabilidade, de manejo e de conservação, no presente sistema de avaliação somente os aspectos de qualidade das águas superficiais são explicitamente inseridos. Isto é devido à dificuldade de se obter informações confiáveis, ao nível da propriedade rural no qual desenvolve-se este trabalho, sobre as alterações imediatas causadas diretamente por atividades de manejo, e implicadas nas mudanças causadas por inovações tecnológicas, na qualidade e quantidade das águas subterrâneas, tanto na escala de ocorrência pontual, quanto local e no entorno. Ademais, considera-se, para efeito do sistema de avaliação proposto, que a continuidade sistêmica entre as águas superficiais e subterrâneas nas escalas de ocorrência consideradas, permitem que o coeficiente de alteração aplicado aos componentes seguintes, sejam suficientes para refletir os impactos da inovação tecnológica sobre a qualidade da água em geral. Estes componentes são a turbidez, a sedimentação/assoreamento de corpos d'água, teor de sais, carbonatos e nitratos e recarga de aquíferos.

i) Turbidez: representa a presença de sólidos em suspensão na água, sejam partículas ou colóides, orgânicos ou inorgânicos, sedimentáveis ou não. A turbidez reduz a penetração dos raios solares, comprometendo a fotossíntese, e implica dificuldades para filtração e desinfecção da água para uso, além de prejuízo estético. A turbidez pode ser medida de forma simples pela imersão de um objeto branco (o conhecido disco de Secchi) e medida da profundidade em que é observável. A turbidez obviamente é extremamente variável segundo a tipologia do corpo d'água e as condições de momento (intensidade de chuvas, p.ex.) e de local. Assim, a avaliação dependerá sempre do conhecimento do produtor/responsável sobre as

condições locais e devem ser baseadas na periodicidade de ocorrência. Recomenda-se que alterações nas condições de turbidez sejam consideradas grandes quando, em consequência da adoção da inovação tecnológica, houver alteração superior a 50% no tempo de ocorrência da condição de aumento (ou redução) da turbidez. O SiBCS fornece informação que permite indicar a ocorrência maior ou menor da turbidez, uma vez que pode identificar solos mais susceptíveis à erosão e que podem se correlacionar com a questão da turbidez das águas.

ii) Sedimentação/assoreamento: este componente expressa as alterações da qualidade da água pela recepção de cargas de sedimento que pode resultar na degradação do ecossistema aquático. Este processo tem uma taxa de ocorrência que depende da tipologia e das condições de interação do ecossistema aquático com os ecossistemas terrestres limítrofes. Quanto mais equilibradas essas interações, no sentido de serem mínimas as trocas de energia entre os sistemas, mais estendido é o processo evolutivo de sucessão, refletindo melhores condições ambientais de manutenção do ecossistema aquático considerado. A avaliação desse componente reflete alterações na taxa de sucessão do ecossistema aquático, no sentido da sua degradação, causada pela sedimentação/assoreamento. Como este é um processo de longo termo relativo à avaliação do impacto ambiental de uma inovação tecnológica agropecuária, a avaliação necessariamente envolve o conhecimento, por parte do produtor/responsável, do histórico de evolução do ecossistema aquático na paisagem local. A alteração do componente deve ser considerada quando a carga de sedimentos for tal que o ecossistema tenha sua característica aquática ameaçada em grau moderado ou forte. Finalmente, considera-se o componente inalterado quando, relativo à dimensão do ambiente aquático, não for observada alteração significativa de sua situação de assoreamento. O SiBCS fornece informação, identificando as áreas mais vulneráveis, propícias à produção de sedimentos.

iii) Teor de sais, carbonatos e nitratos: este componente reflete a concentração de sais, carbonatos e nitratos que quando presentes podem comprometer a qualidade da água, tanto para consumo huma-

no e animal, quanto para usos com fins agrícolas. O SiBCS fornece informações quanto à composição química das diferentes classes de solo, indicando áreas que oferecem riscos de intensidade moderada a grande de contaminação das águas por sais, carbonatos ou nitratos.

iv) Recarga de aquíferos: é um processo natural que ocorre no ciclo hidrológico sendo influenciado por fatores climáticos (principalmente precipitação), tipo de cobertura vegetal, tipo de solo e da própria conformação geomorfológica da bacia de drenagem. A recarga dos aquíferos garante a perenidade dos recursos hídricos e, em última análise, a vida nos ecossistemas. O solo funciona como um filtro, uma vez que suas propriedades interferem na infiltração das águas pluviais para os aquíferos, mantendo equilíbrio nas vazões em função da sazonalidade das chuvas. O conhecimento das características dos solos que influenciam sua permeabilidade - fornecido pelo SiBCS, indica classes de solos com moderada ou grande favorabilidade à recarga de aquíferos. Envolve também o conhecimento por parte do produtor de séries históricas de vazão dos aquíferos.

A matriz de ponderação de qualidade da água distribui homogeneamente a importância dos componentes, cada qual recebendo 25% do peso na composição deste indicador, de forma a reconhecer a relativa interdependência sistêmica dos impactos sobre a qualidade da água. A escala de ocorrência desses componentes frequentemente ultrapassa os limites da propriedade, dado o caráter de veículo para descarga de resíduos exercido pela água. Muita atenção deve ser dada na consideração da escala de ocorrência, pois impactos que alcançam o entorno assumem uma dimensão proporcionalmente maior.

IV. Biodiversidade

A conservação da biodiversidade é hoje considerada um objetivo fundamental para o desenvolvimento sustentável e uma oportunidade para exercício do papel multifuncional do setor agropecuário, uma vez que a maior parte do estoque presente da diversidade biológica e cultural encontra-se em áreas sujeitas a algum nível de manejo agropecuário e florestal. As causas dos impactos das atividades agropecuárias sobre a biodiversidade envolvem desde a extensiva

destruição de habitats naturais devido à expansão das áreas de fronteira agrícola, até os efeitos da degradação da qualidade ambiental por substâncias tóxicas e resíduos da intensificação agropecuária, bem como a homogeneização genética de plantas e animais de criação, das formas de manejo e até mesmo dos modos de vida tradicionais. A magnitude desses impactos é extremamente variável, mas todas as regiões do globo têm experimentado o resultado subjacente à perda de biodiversidade, que é o empobrecimento dos ecossistemas e a homogeneização cultural. As consequências desses impactos têm um alcance muito grande, pois uma parte importante das alternativas de manejo, da multifuncionalidade dos ambientes agropecuários e florestais, e da segurança ecológica e mesmo alimentar da humanidade apoia-se nessa biodiversidade. As contribuições da biodiversidade para a produção agropecuária equiparam-se com as oportunidades para conservação da biodiversidade pelo adequado manejo agropecuário e florestal, representando uma área importante para pesquisa e desenvolvimento de políticas de conservação, inclusive no nível internacional de acordos e convenções cooperativas (CAMPANHOLA et al., 1998). No modelo, três componentes são considerados neste indicador, quais sejam: a vegetação natural, as espécies endêmicas e a diversidade de espécies.

ij) Vegetação natural: este componente endereça a necessidade, imposta pela legislação (destacando-se o Art. 2 da lei 4.771/65), de conservação de florestas e demais formas de vegetação natural de preservação permanente, incluindo topos de morros, terrenos com declividade superior a 45°, vegetação ciliar, etc. Devido à semelhança de definição com o indicador de Área de Preservação Permanente, constante do aspecto de Recuperação Ambiental apresentado adiante, é de extrema importância para a correta avaliação de impacto com o sistema que este componente considere exclusivamente áreas de vegetação nativa existentes na propriedade e no seu entorno, e que tenham seu "status" de conservação alterado pela inovação tecnológica em avaliação. Recomenda-se considerar a alteração neste componente como grande quando a adoção da inovação tecnológica agropecuária contribuir efetiva e diretamente para a conservação ou proteção da vegetação nativa ou área de preservação permanente na propriedade ou seu entorno. Esta contribuição direta significa que

a tecnologia deve relacionar-se especificamente à conservação (ou impedir uma prática que relacione-se diretamente, para o caso de impacto negativo) da vegetação nativa, aumentando (ou comprometendo para o caso de impacto negativo) a garantia de sua proteção. Por sua vez, a alteração será considerada moderada quando a tecnologia em avaliação contribuir (ou prejudicar, para o caso de impacto negativo) indiretamente, por força de alívio (ou aumento) de efetiva pressão de ocupação ou exploração predatória sobre áreas de vegetação nativa, por exemplo. O SiBCS fornece a informação adequada para a seleção de áreas a serem preservadas, assim como para a indicação de sítios mais adequados à recuperação e as técnicas apropriadas para esse fim. O SiBCS permite que se otimize o sistema de produção, diminuindo a pressão sobre o uso de novas áreas.

ii) *Espécies endêmicas:* a profunda modificação imposta aos habitats naturais quando de sua ocupação para desenvolvimento de atividades agropecuárias necessariamente resulta na extinção da maior parte das espécies nativas. Quando a inovação tecnológica agropecuária em avaliação promove esse tipo de modificação, seja na propriedade ou no âmbito regional, ela estará causando a extinção local de espécies. Igualmente, muitas inovações tecnológicas implicam na adoção de formas de manejo que são incompatíveis com componentes do manejo anterior ao qual a inovação se aplica, causando substituição ao invés de contribuição no desenvolvimento da atividade. O processo de desenvolvimento agropecuário deve precaver-se contra a homogeneização que pode resultar do avanço tecnológico, procurando evitar os prejuízos associados ao que muitas vezes qualifica-se ingênua e simplesmente como modernização. Essa homogeneização e os prejuízos a ela associados deve ser considerada em suas várias dimensões, incluindo desde a perda local de uma espécie de animal silvestre ou de variedades de plantas ou animais domésticos rústicos ou “caipiras”; o desuso de ferramentas, instrumentos, equipamentos e práticas de cultivo, manejo e construção; ou formas de preparo de alimentos e remédios caseiros; até conhecimentos tradicionais de grande valor histórico ou étnico sobre atividade terapêutica de plantas medicinais, ou mesmo costumes e crenças ligadas ao relacionamento social e cultural comunitário local. Com tal alcance, recomenda-se que a avaliação

operacional desse componente seja o mais subjetiva possível, oferecendo ao produtor/responsável a oportunidade de expressar seu sentimento sobre as perdas percebidas em consequência da modernização, permitindo assim a documentação dessas possíveis perdas. A principal informação que o SiBCS fornece se baseia no fato de dar informações sobre os riscos potenciais decorrentes do uso de determinados solos levando à extinção das espécies endêmicas.

iii) Diversidade de espécies: estudo detalhado da diversidade com destaque para as espécies com risco de extinção. O SiBCS fornece informações para a utilização adequada de determinadas áreas.

A tecnologia de recuperação de áreas degradadas estudada no exemplo contribuiu para grande diminuição das perdas nos três componentes desse indicador, todos em escala pontual, resultando em um coeficiente de impacto sobre a biodiversidade igual a +3 para um máximo possível de 15 (Figura 7), sugerindo que esta tecnologia pode contribuir positivamente para a conservação dos habitats e da biodiversidade.

3.3. Recuperação Ambiental

A recuperação ambiental está incluída no sistema de avaliação de impacto ambiental devido ao estado de degradação observado praticamente na totalidade das regiões agrícolas do país, impondo que o resgate desse passivo ambiental deve ser uma prioridade de todos os processos de inovação tecnológica agropecuária. Este aspecto dedica-se à consideração da resiliência, definida como a capacidade de um material ou sistema recuperar-se de uma alteração imposta, ou a habilidade de recobrar a forma original após cessada uma pressão deformadora. Em ecologia, define-se como resiliência de um ecossistema a sua capacidade de recuperar um estado de equilíbrio dinâmico similar ao original, após cessado um estresse. O aspecto de recuperação ambiental refere-se à efetiva contribuição da inovação tecnológica para promover a recuperação da qualidade ambiental e dos ecossistemas, por melhoria das condições ou propriedades de compartimentos ambientais ou estoque de recursos. Assim, avalia-se a contribuição da inovação tecnológica para a efetiva recuperação de solos degradados (física, química e biologicamente), ecossistemas degradados, áreas de preservação permanente e de Reserva Legal.

I. Variáveis de recuperação ambiental

Os trabalhos deste indicador se baseiam nos estudos de solos, de dados climáticos, de recuperação das características físicas, químicas e biológicas, forma e ocupação.

i) Grau de resiliência: O SiBCS possibilita a interpretação sobre a capacidade de recuperar seu estado original. Depende do tipo de solo e do grau de degradação. Fatores ambientais como o clima são preponderantes neste processo.

ii) Solos degradados: o padrão de exploração agropecuária até a década de oitenta no Brasil foi caracterizado por um modelo extremamente predatório. Este modelo envolve uma série de fatores de depauperação dos solos, dentre eles o expansionismo da fronteira, o emprego de tecnologias de manejo primariamente desenvolvidas para condições extra-tropicais, o uso muitas vezes pouco instruído de agroquímicos, o emprego frequente do fogo, uma mecanização muitas vezes não apropriada devido à coincidência temporal da necessidade de manejo com períodos chuvosos, sujeitando os solos à compactação, uma desconsideração generalizada (salvo avanços recentes em certas culturas) da biologia do solo, e muitos outros. A consequência desse modelo é a presente existência e a continuada expansão de áreas ocupadas por solos quimicamente empobrecidos, fisicamente degradados e biologicamente muito afetados. Um importante esforço de pesquisa tem sido dirigido nos últimos anos, felizmente, para o desenvolvimento de técnicas que melhorem o manejo e propiciem a recuperação das características físico-químicas-biológicas dos solos. Com efeito, grandes extensões de terras agrícolas vêm sendo cultivadas com técnicas de cultivo mínimo e plantio direto na palha, e a rotação e integração agricultura-pecuária vem também alcançado crescente expressão no cenário produtivo nacional. Todas estas iniciativas de manejo que propiciem a recuperação dos solos são consideradas nesse componente. Recomenda-se que a contribuição da inovação tecnológica em avaliação para a recuperação de solos degradados seja considerada grande quando a alteração efetivamente observada pelo uso da tecnologia traduza-se em importante melhoria (ou prejuízo, para o caso de impactos negativos) em dois aspectos simultâneos das características

físico-químicas-biológicas dos solos de maneira sustentável. A alteração será considerada moderada quando a inovação tecnológica contribuir efetivamente para importante melhoria (ou prejuízo, para o caso de impactos negativos) do solo, porém em somente uma dessas características.

iii) Vegetação degradada: com certo grau de sobreposição com o componente anterior, este componente se refere a áreas marginais, porém inseridas no contexto produtivo das propriedades rurais, frequentemente expostas a queimadas, ao sobrepastoreio e a outras formas de agressão ecológica. A avaliação do coeficiente de alteração desse componente deve levar em consideração a recuperação e melhoria da inserção produtiva desses ecossistemas na propriedade, uma vez que a recuperação de áreas de preservação e de Reserva Legal faz-se adiante em componentes específicos. Recomenda-se considerar a alteração na recuperação de ecossistemas com base em sua produtividade sustentada, sendo esta grande quando a produtividade altera-se acima (ou abaixo) de 100% em relação à situação anterior ou na ausência da inovação tecnológica.

iv) Áreas de preservação permanente: definidas em legislação pertinente (MP 1.956-50 de 28/05/2000 reeditada até a MP 2.166-67 de 24/08/2001), estas áreas envolvem as florestas e demais formas de vegetação natural de preservação permanente, incluindo topos de morros, terrenos com declividade superior a 45°, vegetação ciliar etc. Na grande maioria dos casos as áreas de preservação permanente são ocupadas e alteradas por atividades agropecuárias, mas devido a restrições agrônômicas tendem a contribuir relativamente pouco em termos de produção, porém muito em termos de degradação ambiental. Recomenda-se considerar a alteração neste componente como grande (± 3) quando ela resultar em mudança do "status" de atendimento à legislação pertinente, ou seja, quando a alteração efetivamente observada em razão da adoção da tecnologia em avaliação fizer com que a propriedade passe de infratora a cumpridora (ou vice-versa em casos de impacto negativo) dos requisitos de preservação dessas áreas.

v) Reserva Legal: a distinção que se aplica entre este componente e

o anterior é de ordem inclusiva, ou seja, se as áreas de preservação permanente presentes na propriedade forem suficientes para satisfazer as exigências relativas à Reserva Legal, deve-se considerar que este componente não se aplica. Contudo, se não houver interação entre estes componentes, recomenda-se considerar a alteração neste componente como grande quando ela resultar em mudança do "status" de atendimento à legislação pertinente, ou seja, quando a alteração efetivamente observada em razão da adoção da tecnologia em avaliação fizer com que a propriedade passe de infratora a cumpridora (ou vice-versa para casos de impacto negativo) dos limites de preservação da Reserva Legal.

4. Metodologia

O presente trabalho visa avaliar tecnologias, produtos e serviços desenvolvidos pela Embrapa Solos, cujo foco principal é o impacto sobre o meio ambiente e meio social, sob a ótica do usuário final. Este trabalho buscou contribuições nos trabalhos de Rodrigues (1998), Rodrigues et al (2001), que se fundamenta nos seguintes enfoques:

- Conhecer a "Visão do Usuário" sobre o elemento avaliado e seu impacto sobre o meio ambiente e o meio social, considerando como usuário todo indivíduo que interage com o elemento avaliado (trabalha, manipula, estuda, etc.). Essa é a razão que faz com que os usuários finais da tecnologia sejam os mais aptos para realizar tal tarefa. Ainda que esses usuários não possuam todo o conhecimento sobre as tecnologias, mas a vivência em condições reais desta tecnologia torna suas respostas as mais indicadas para a avaliação de impactos que a presente proposta pretende realizar.
- Decorrente do parágrafo anterior, este enfoque não emprega "pesos" ou "ponderações" introduzidas pelos pesquisadores. Ao contrário, a metodologia permite extrair os "pesos" ou "ponderações" atribuídas pelos usuários, que é resultado da abordagem integrativa e visão global de todos os usuários.
- A metodologia adota a abordagem hierárquica-integrativa com uma visão "Top Down". Nesta, a tecnologia (elemento a ser avaliado) é uma integração de componentes que a formam, e por sua

vez, cada um destes componentes (e seus similares num mesmo nível) decompõe-se em outros componentes (sub-componentes) assim sucessivamente, até chegar aos níveis mais baixos (indicadores). Nesta abordagem são considerados quatro níveis: tecnologia, componentes, sub-componentes e indicadores, e os mecanismos de especialização ou decomposição de elementos maiores ou mais complexos em elementos menores ou mais simples; também é apresentada a generalização ou agregação pelas quais elementos menores ou mais simples agregam-se para formar entidades maiores (O'NEILL, 1986; MANSILLA BACA, 2002). Figura 1.

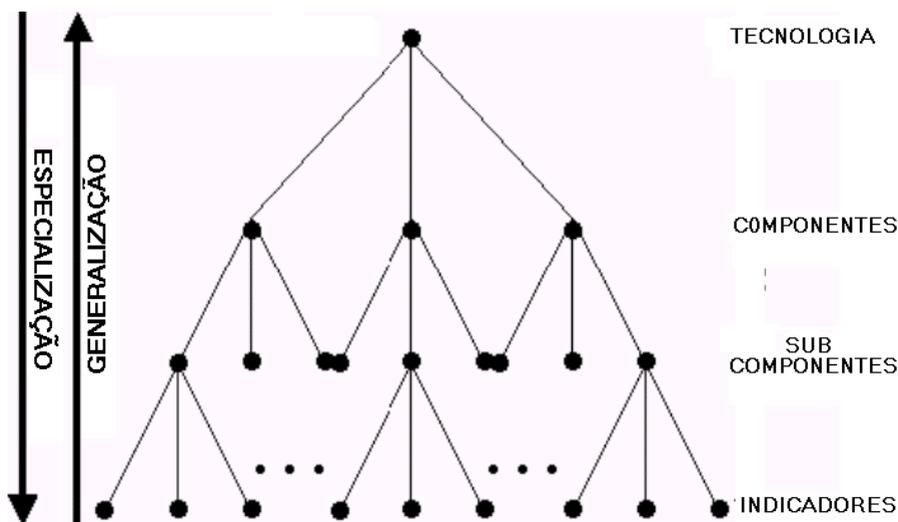


Figura 1 Estrutura hierárquica de uma metodologia de avaliação de tecnologia.

- Os instrumentos operacionais desta metodologia são a estatística descritiva e a modelagem de integração de elementos, que permitem que sejam feitos os diversos testes estatísticos que avaliem a qualidade dos resultados parciais e finais. A avaliação global da proposta é feita para cada elemento que se considera na proposta (tecnologia, componente, sub-componente e indicador) com análise dos dados de todos os usuários, obtendo-se como resultado final indicadores globais da avaliação. Um aspecto importante é a obtenção dos “pesos” ou “importância” que o usuário “forneceu” (resultado do modelo) para os diferentes elementos.

- Outro aspecto importante da proposta é que, além de ser aplicável para fins de impactos ambientais e sociais, também pode ser empregada para outros tipos de avaliações (avaliação de satisfação sobre produtos adquiridos ou desenvolvidos, avaliações de recursos humanos, etc.), cujas interações sejam feitas com o usuário, mesmo que sejam necessárias ligeiras modificações ou extensões, de acordo aos objetivos definidos.

Para melhor compreensão da metodologia serão seguidas as seguintes etapas: definição do objetivo, estrutura hierárquica dos componentes da tecnologia, formulação dos questionários, modelo matemático, processamento dos resultados, interpretação dos resultados.

4.1. Definição do objetivo

O objetivo desta metodologia é criar um modelo para avaliar os impactos que a tecnologia em estudo tem sobre o meio ambiente e sobre o meio social através do ponto de vista do usuário. O primeiro passo deve ser a definição clara, concisa e explícita do objetivo a ser alcançado pela aplicação da metodologia. Esta definição deve responder às seguintes perguntas: “Quem ou o que vai ser avaliado?”, “Onde vai ser avaliado?”, “Quando vai ser avaliado?” e “Como vai ser avaliado?”.

4.2. Estrutura hierárquica dos componentes da tecnologia

A abordagem hierárquica integrativa permite modelar a forma como estão estruturados os componentes de uma entidade. Aqui se aplica esta teoria para organizar a estrutura hierárquica da entidade a ser avaliada. Esta tarefa é feita por uma equipe de especialistas da entidade avaliada e outros membros que tenham interação com a referida metodologia. Objetivamente, o que deve ficar bem especificado ao final desta tarefa é a Estrutura Hierárquica (decomposição de componentes) da entidade avaliada.

A Figura 2 representa a mesma estrutura que a Figura 1, mas os elementos dentro de cada caixinha têm números para melhor compreensão da estrutura hierárquica de uma tecnologia. Para cada tecnologia estudada devem ser identificados seus componentes, sub-componentes e indicadores. Os componentes estão identificados pelo número

que lhe segue, e podem ser de 1 a n . Nessa estrutura cada elemento que tiver outros elementos no nível abaixo do seu será definido como nó pai, que tem um conjunto de nós filhos. Esta estrutura seria o resultado do trabalho da equipe especialista nesta tecnologia e de seus usuários.

A Figura 3 mostra parte da estrutura da tecnologia Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras. A equipe técnica identificou três componentes para esta tecnologia: Eficiência Tecnológica, Conservação Ambiental e Recuperação Ambiental. A estrutura está parcialmente colocada como exemplo.

4.3. Formulação dos questionários

Considerar que cada nó pai apresenta um conjunto de nós filhos. Partindo desta premissa, devem ser analisados o nós pais e os correspondentes filhos para formar os questionários que serão avaliados pelos entrevistados.

A Figura 3 apresenta os nós pai tecnologia e seus nós filhos componente 1 ou eficiência tecnológica, componente 2 ou conservação ambiental, até componente n ou recuperação ambiental. (1º nível)

Estes nós filhos se tornam nós pais em relação ao nível abaixo. O nó pai componente 1 ou eficiência tecnológica e seus nós filhos desde sub-componente 1.1 ou uso de agroquímicos, até sub-componente 1.n ou uso de energia. E sucessivamente até o nó pai componente n ou recuperação ambiental e seus nós filhos grau de resiliência. (2º nível)

Finalmente, no último nível de nó pai apresentado na Figura 3, começa com o nó pai sub-componente 1.1 ou uso de agroquímicos e os nós filhos indicadores 1.1.1 ou pesticida até os indicadores 1.1.n ou quantidade. O último nó pai, sub-componente $n.n$ ou grau de resiliência tem os nós filhos indicadores $n.n.1$ ou solos degradados até os Indicadores $n.n.n$ ou estradas. (3º nível)

Para esta subestrutura são formuladas $n+1$ perguntas. Este procedimento é estendido para toda a estrutura hierárquica da tecnologia avaliada.

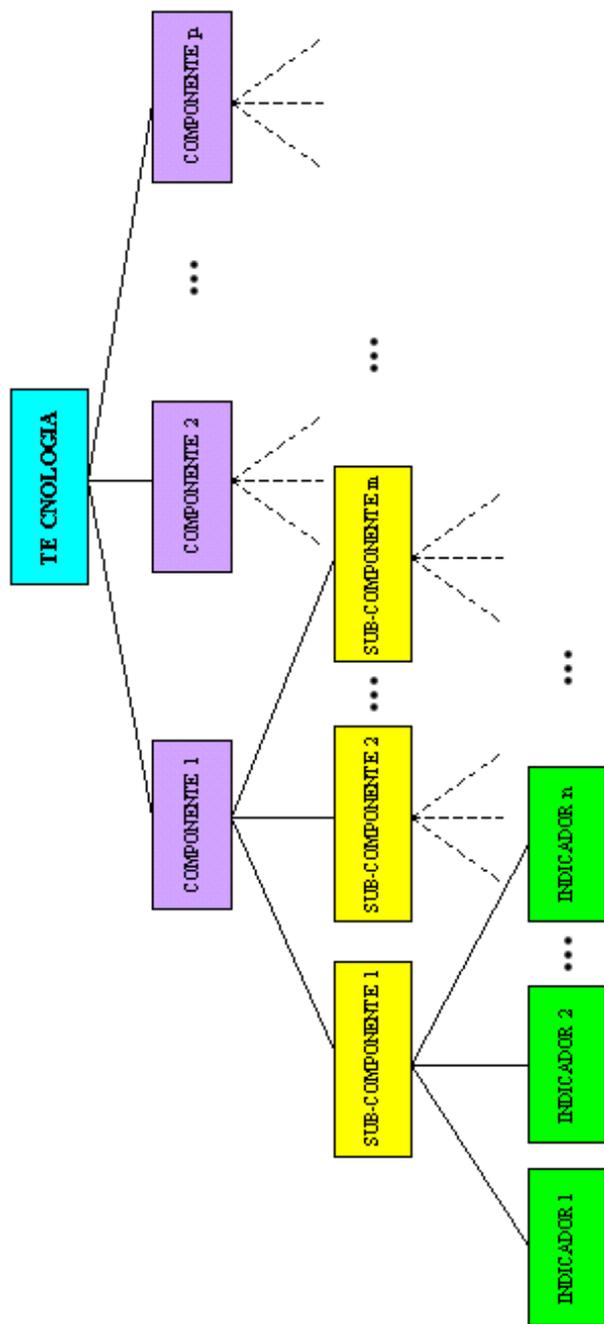


Figura 2. Estrutura hierárquica de uma tecnologia.

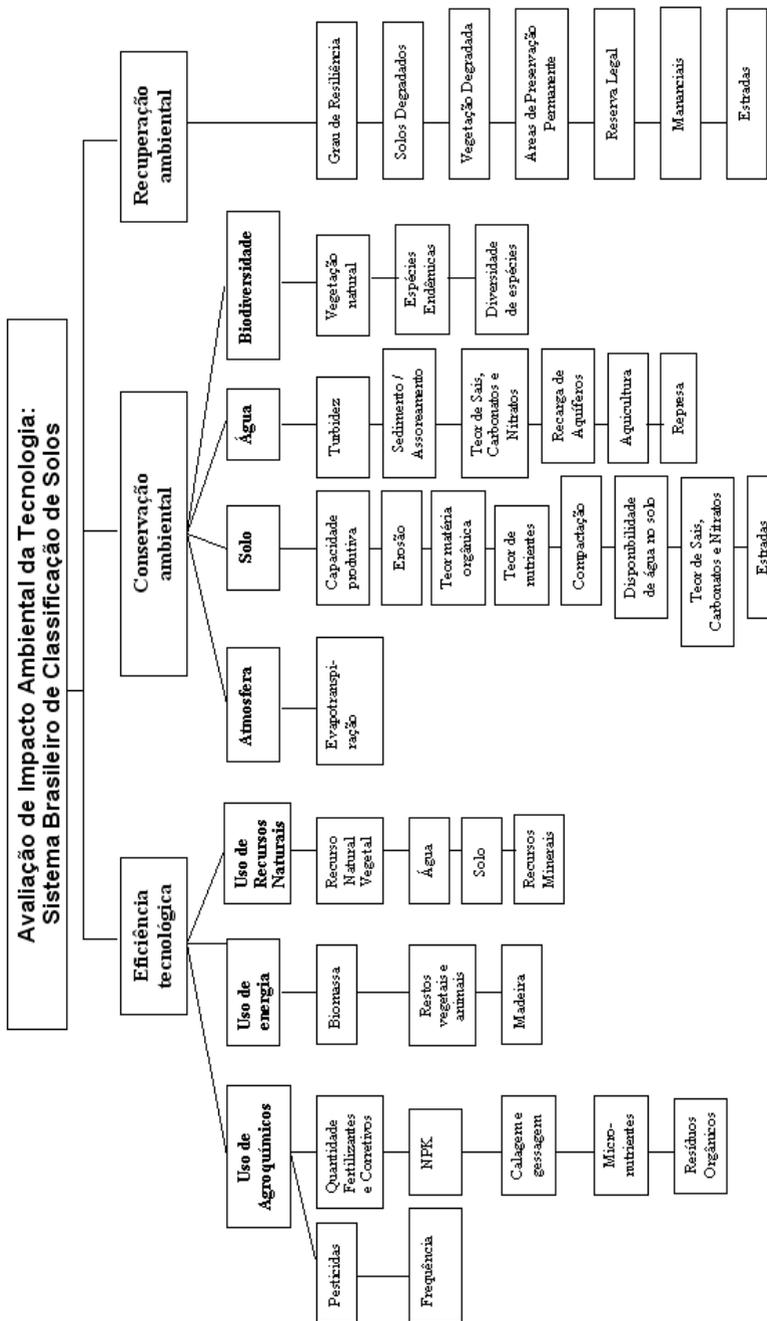


Figura 3. Estrutura hierárquica do Sistema de Aptidão Agrícola das Terras - Avaliação de Impacto Ambiental.

A formulação dos questionários não pode permitir dúvidas na interpretação do que se quer pesquisar. Para tanto, as perguntas deverão ser feitas considerando se o elemento pode dar uma “Contribuição muito alta”, “Contribuição alta”, “Contribuição média”, “Contribuição baixa” e “Contribuição quase nula ou não contribui”. Ou seja, contribui se o impacto do elemento é positivo (para conseguir o objetivo) e com qual intensidade, ou não contribui se o impacto do elemento é nulo (não atende ao objetivo). Foram definidos também adjetivos “Muito Alta”, “Alta”, “Média” e “Baixa” para qualificar o impacto. Deve-se formular tantas perguntas quantos elementos nó tem a estrutura hierárquica do sistema. De preferência, a ordem destas questões deve seguir seu posicionamento na estrutura.

De posse dessas questões, elas são enviadas aos usuários para que realizem a avaliação e retornem suas respostas para proceder ao seu processamento.

4.4. Modelo matemático

As respostas dos usuários para cada elemento mostram uma avaliação gradativa que pode ir num extremo de muita alta contribuição até o outro extremo de nenhuma contribuição, passando respectivamente por níveis intermediários de contribuição. Esta situação gradativa pode ser associada a 100% de contribuição (positivo) num caso extremo e 100% de nenhuma contribuição (negativo) no outro extremo. No entanto, como são cinco classes (CMA, CA, CM, CB e CN) que o usuário pode escolher (Tabela 1) e considerando a associação dos extremos aos 100% negativo e positivo, é estabelecida uma divisão desta faixa por intervalos de 40% e o ponto central de cada classe é tido como o seu representativo. Esta tabela serve para transformar as respostas em valores e vice-versa, ou seja, transformar valores em avaliação de acordo com as classes definidas.

Tabela 1. Transformação das respostas dos usuários para valores.

Valores atribuídos às questões		
Contribuição muito alta	CMA	0,8
Contribuição alta	CA	0,4
Contribuição média	CM	0
Contribuição baixa	CB	-0,4
Contribuição quase nula ou não contribui	CN	-0,8

Na Figura 2, foi apresentada a estrutura hierárquica do sub-componente e ela pode ser interpretada da seguinte maneira: “A forma como o Sub-Componente afeta o Sistema em avaliação é o resultado de como os seus indicadores (avaliações sobre eles) contribuem para alcançar tal resultado”. O modelo terá uma matriz de n linhas e m colunas onde n é o número de respostas de usuários (cada linha é a resposta de um usuário) e m colunas, sendo cada coluna um indicador inclusive a coluna do subcomponente. Para poder integrar estes dados, aplicamos a seguinte formulação matemática:

$$P_{i1} * AV_{u,i1} + P_{i2} * AV_{u,i2} + P_{i3} * AV_{u,i3} + \dots + P_{im} * AV_{u,im} = AV_{u\#}$$

Onde:

- P é o peso a ser determinado para uma avaliação global (todos os dados).
- i1, i2, i3, ..., im são os índices de cada elemento na estrutura processada, na qual m corresponde ao número de indicadores do componentes da tecnologia, inclusive seus subcomponentes.
- AV é a avaliação do usuário transformada para valor.
- u é o índice para a resposta de cada usuário para os nós filhos na estrutura avaliada, por tanto, u = 1, ..., n.
- u# é o índice para a resposta de cada usuário para o nó pai a ser avaliado na estrutura de cada usuário, por tanto, u* = 1, ..., n.

Este modelo matemático pode ser escrito matricialmente da seguinte maneira:

$$[AV]_{n \times m} * [P]_{m \times 1} = [AV\#]_{n \times 1} \quad (1)$$

Onde:

- AV, matriz das avaliações transformadas para valores dos nós filhos (contribuintes) na estrutura considerada.

- P, vetor coluna dos pesos dos contribuintes, a ser determinado.

- AV#, vetor coluna das avaliações do nó pai, para o qual contribuem os demais elementos na respectiva estrutura considerada.

O modelo apresentado tem solução aplicando a teoria das pseudo matrizes. Ou seja, considerando que na fórmula (1) o sistema de equações formado pode ter mais equações que incógnitas (pesos), na maioria dos casos, o sistema sendo linear teria uma solução aplicando a teoria das pseudo-matrizes Menezes, multiplicando ambos membros da equação (1) pela matriz transposta de AV da seguinte forma:

$$[AV]^T_{m \times n} * [AV]_{n \times m} * [P]_{m \times 1} = [AV]^T_{m \times n} * [AV\#]_{n \times 1} \quad (2)$$

Na equação (2), o produto $[AV]^T_{m \times n} * [AV]_{n \times m}$ é uma matriz quadrada que bem condicionada tem inversa, multiplicando-se esta inversa em ambos membros de (2) a equação fica da forma:

$$[[AV]^T * [AV]]^{-1} * [[AV]^T * [AV]] * [P]_{m \times 1} = [[AV]^T * [AV]]^{-1} * [AV]^T * [AV\#] \quad (3)$$

Nesta equação (3), o produto $[[AV]^T * [AV]]^{-1} * [[AV]^T * [AV]]$ é a matriz identidade com que se obtém a equação :

$$[P]_{m \times 1} = [[AV]^T * [AV]]^{-1} * [AV]^T * [AV\#] \quad (4)$$

4.5. Processamento dos resultados

A análise dos dados será feita através da Estatística descritiva. O primeiro processamento a ser feito, após organizar em tabelas as respostas dos usuários, é sumarizar tais tabelas para cada nó pai na estrutura hierárquica e os correspondentes nós filhos, como apresentado nas Tabelas 2, 3 e 4.

Instâncias Tabela 3									
CMA	9	7	7	7	14	16	16	10	11
CA	8	8	9	12	7	4	5	9	8
CM	5	5	6	3	1	2	1	3	2
CB	0	2	0	0	0	0	0	0	1
CN	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 4. Resultados das porcentagens do Sub-Componente Uso de Agroquímicos e seus indicadores.

Porcentagens									
CM	40.9	31.8	31.8	31.8	63.6	72.7	72.7	45.5	50
CP	36.4	36.4	40.9	54.5	31.8	18.2	22.7	40.9	36.4
NC	22.7	22.7	27.3	13.6	4.55	9.09	4.55	13.6	9.09
PP	0	9.09	0	0	0	0	0	0	4.55
PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Porcentagens Tabela 4									
CMA	40,9	31,8	31,8	31,8	63,6	72,7	72,7	45,5	50
CA	36,4	36,4	40,9	54,5	31,8	18,2	22,7	40,9	36,4
CM	22,7	22,7	27,3	13,6	4,55	9,09	4,55	13,6	9,09
CB	0	9,09	0	0	0	0	0	0	4,55
CN	0	0	0	0	0	0	0	0	0

De posse desta última tabela, constroem-se os gráficos de barras apresentados na Figura 4. O histograma da parte de cima da Figura 4 corresponde aos dados do nó pai, o Sub-Componente Uso de Agrotóxicos, e os histogramas da parte de baixo correspondem aos seus nós filhos, os seus indicadores. Este processamento será aplicado para toda a estrutura, iniciando-se primeiramente com todos os Sub-Componentes e seus Indicadores, logo em seguida para todos os Componentes e seus correspondentes Sub-Componentes, para finalmente aplicar para a Tecnologia e seus correspondentes Componentes.

A interpretação dos resultados ficará para cada sistema a ser avaliado e dependente do objetivo proposto e a premissa da proposta: ela é uma

“Visão do Usuário”. Considerações interpretativas destes resultados serão apresentadas posteriormente.

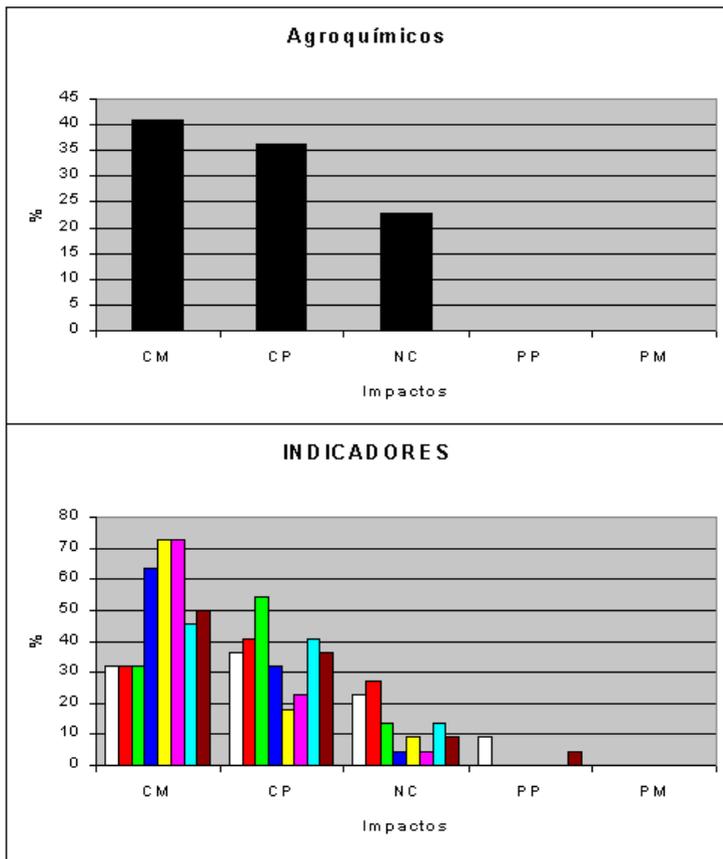


Figura 4 Histogramas do Sub-Componente Uso de Agroquímicos e seus indicadores.

A equação (4) apresentada No Modelo Matemático é o resultado da aplicação da teoria das pseudo matrizes, cujos resultados para o exemplo considerado são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Pesos dos indicadores do Sub-Componente Uso de Agroquímicos.

Ajustamento de pesos								
Peso	0.17	0.28	0.28	0.37	0.13	0.15	-0.29	-0.16

Nesta tabela, aparecem valores positivos e negativos, e eles podem ser interpretados pela forma como cada indicador influencia, neste caso, acrescenta (positivo) ou diminui (negativo) para a avaliação de cada Sub-Componente. Como foi apresentado, eles são o resultado do processamento das avaliações de todos os usuários, daí a sua característica global, e, como já apresentado, seu produto com as correspondentes avaliações resultará numa avaliação integral do Sub-Componente apresentado na Tabela 6.

Tabela 6. Resultados finais da avaliação.

Resultados finais			
Sem ajuste	0.4727	Ajustada	0.4937
Contribui pouco - Agroquímicos			

A Tabela 6 apresenta três resultados:

- Resultado sem ajuste, ele é a média aritmética das avaliações feitas pelos usuários sobre o elemento para o qual se contribui, Sub-Componente neste caso.
- O resultado ajustado é o produto da multiplicação da matriz [AV] (avaliações dos usuários dos elementos menores: indicadores, neste caso) pela matriz [P] resultada do cálculo. Esta matriz coluna seria as avaliações ajustadas do componente para o qual se contribui, e o valor que aparece na Tabela 6 como ajustada é a média aritmética dos valores desta matriz.
- Finalmente aparece um último resultado na última linha da Tabela 6, que é a passagem do valor numérico 0,4937 para a classe correspondente na Tabela 1 - Transformação das respostas dos usuários para valores , onde 0,4 corresponde a "Contribuição Alta", que é o que corresponde à opinião dos usuários.

4.6. Interpretação dos resultados

Esta etapa de vital importância é realizada considerando os objetivos definidos para o trabalho e as premissas feitas na parte inicial. Uma facilidade desta metodologia é que os resultados são apresentados em forma de gráficos, o que facilita sua compreensão.

Na Embrapa Solos foram feitas as avaliações de três tecnologias empregando esta metodologia cujos resultados foram apresentados em relatórios anuais. Nas interpretações feitas sobre tais tecnologias, foi considerado o sistema em forma global, ou seja, com todos os seus elementos e resultados. Aqui é onde se aplica a característica sistêmica da proposta (MANSILLA BACA, 2002), pois cada elemento tem ligação com os demais, como é mostrado na estrutura hierárquica correspondente e esta não pode ser desconsiderada na interpretação.

4.7. Implementação

Como desenvolvido até agora, a proposta está implementada 80% em planilha eletrônica, que facilita o emprego da metodologia.

Os dados são apresentados numa planilha como mostra a Figura 6. Com os dados desta planilha e empregando macros em linguagem VBA, são geradas novas planilhas para cada elemento considerado, como mostra a Figura 7.

G69		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Dados		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Indicadores		Agroquímicos	Pesticidas	Frequência - Pesticidas	Quantidade Pesticidas	Fertilizantes	NPK	Calagem e Gessagem	Micronutriente	Resíduos orgânicos	Energia na explor. Agropec.	Combustíveis Fosséis	
8	Indivíduo 1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	
9	Indivíduo 2	3	-1	1	1	3	3	3	3	-1	1	3	
10	Indivíduo 3	3	-1	1	1	3	3	3	3	1	1	3	
11	Indivíduo 4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	
12	Indivíduo 5	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	
13	Indivíduo 6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	
14	Indivíduo 7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
15	Indivíduo 8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
16	Indivíduo 9	0	1	1	3	1	0	0	3	0	0	1	
17	Indivíduo 10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	
18	Indivíduo 11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
19	Indivíduo 12	1	1	3	1	0	0	1	0	1	0	1	
20	Indivíduo 13	1	1	1	1	3	3	3	1	3	1	1	
21	Indivíduo 14	0	0	0	0	3	3	3	3	3	0	1	
22	Indivíduo 15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
23	Indivíduo 16	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
24	Indivíduo 17	1	1	1	1	3	3	3	3	1	1	1	
25	Indivíduo 18	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	3	
26	Indivíduo 19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
27	Indivíduo 20	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	
28	Indivíduo 21	0	0	0	0	1	1	1	1	3	3	3	
29	Indivíduo 22	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	
30													
31		Contribui Muito		3									
32		Contribui Pouco		1									
33		Não altera		0									
34		Prejudica Pouco		-1									
35		Prejudica Muito		-3									
36													

Figura 6. Planilha de entrada de dados.

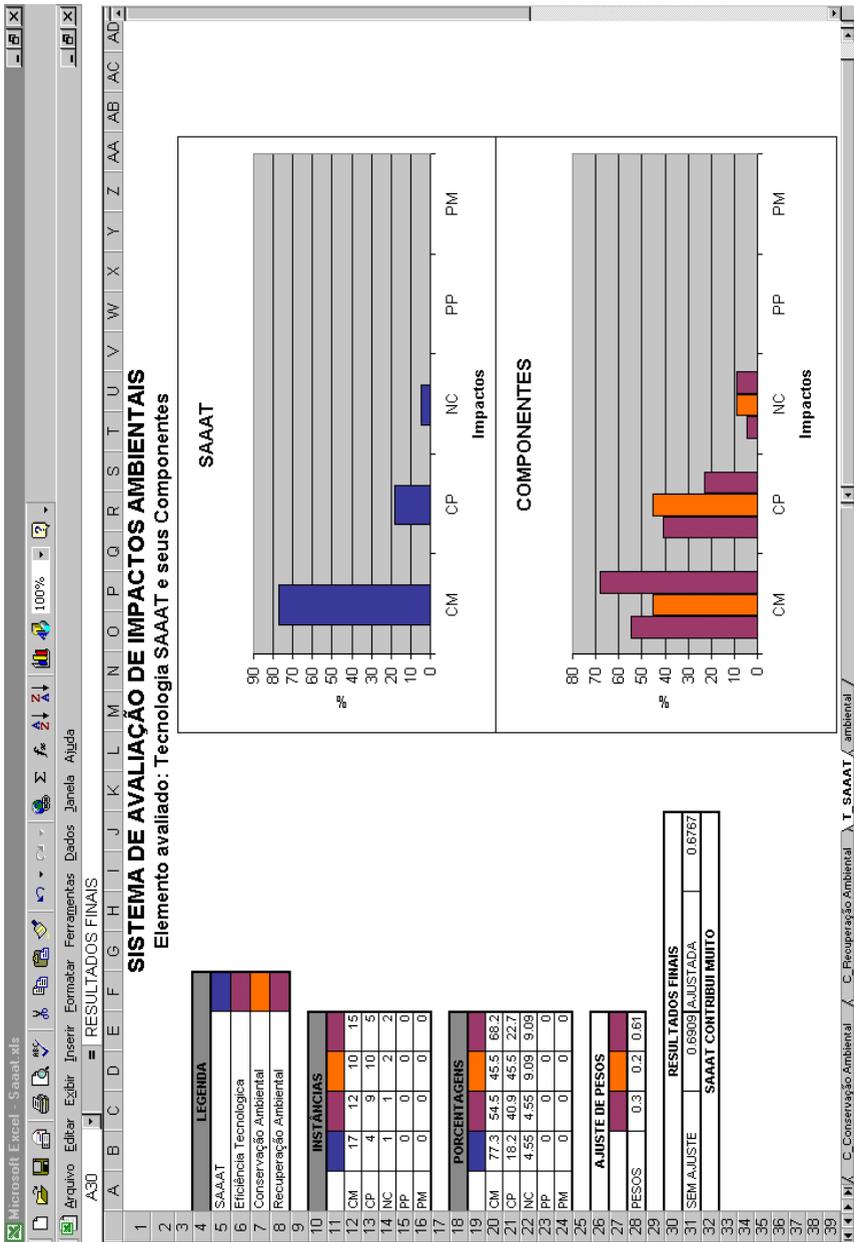


Figura 7. Planilha da tecnologia e seus componentes.

5. Resultados e Discussão

A tecnologia SiBCS teve uma avaliação de contribuição alta com 0,69 no resultado final nos dados ajustados. Os três componentes desta tecnologia tiveram uma resposta similar a ela como mostram a Figura 4. O componente Recuperação Ambiental teve o maior peso, com 0,73.

O componente de Recuperação Ambiental teve uma avaliação de contribuição alta com 0,67 de impacto ambiental e seus subcomponentes apresentaram comportamento similar e coerente com a tecnologia, o quais podem ser visualizados nos diagramas de barras. Os componentes que resultaram com maior peso foram Área de Preservação Permanente, Manancias de Água e Vegetação Degradada, os outros apresentam pesos baixos e negativos, conforme apresentado na tabela de ajuste de pesos.

O componente Conservação Ambiental teve uma avaliação de 0,63, considerada como contribuição alta. Os subcomponentes e componente tiveram uma resposta completamente diferente: Atmosfera tem uma tendência de baixa contribuição; Solos apresenta resposta para uma muito alta contribuição; Água no Sistema apresenta contribuição muito alta e média (bimodal) e Biodiversidade apresenta similitude com o componente. O subcomponente de maior peso foi o de Água no Sistema, seguido de Biodiversidade e Solos.

A Eficiencia Tecnológica teve uma avaliação de 0,66 com uma contribuição alta. Componente e subcomponentes Agroquímicos e Recursos Naturais tiveram uma resposta similar e coerente; Energia na Exploração Agropecuária apresentou uma tendência de contribuição baixa. Os pesos dos subcomponentes foram em ordem decrescente Recursos Naturais, Energia na Exploração Agropecuária e Agroquímicos.

O subcomponente Biodiversidade teve uma resposta de contribuição média com 0,59 de avaliação. Subcomponente e indicadores graficamente mostram um comportamento similar, mostrando uma contribuição alta em subcomponente e indicadores, mais que foram puxados pelo altos índices no médio e baixo. Os pesos calculados foram maiores para Vegetação Natural, seguido de Espécies Endêmicas.

O subcomponente Água no Sistema apresentou contribuição alta com 0,65 de avaliação, seu comportamento e os de seus indicadores tiveram respostas totalmente não similares. Sedimentação e Assoreamento, Aquíferos e Sedimentação em Represas apresentaram uma tendência para alta contribuição; Níveis Aceitáveis de Sais e Contaminação em Agricultura tiveram uma tendência de contribuição média; e o subcomponente Água no Sistema teve uma tendência de contribuição muito alta e média (bimodal). Estes resultados novamente apresentam problemas de interpretação do usuário por uma estruturação de subcomponente e indicadores inadequada ou questão no formulário pouco clara. Os pesos dos indicadores foi maior para Níveis Aceitáveis de Sais, seguido por Sedimentação e Assoreamento e Aquíferos.

Solos também teve uma contribuição alta com 0,76 de avaliação ajustada. Comportamento de subcomponente e indicadores foi muito variada e diferente com Solo na Agropecuária e Erosão com uma tendência de contribuição muito alta similar ao do subcomponente Solos; Nutrientes no Solo, Compactação do Solo, teores não tóxicos de Sal e Estradas tiveram uma tendência de alta contribuição; finalmente Matéria Orgânica no Solo e Água no Solo apresentaram tendência de contribuição média. No ajustamento, resultou em forma marcante o maior peso para o Solo na Agropecuária com os demais indicadores com pesos baixos.

O subcomponente Atmosfera recebeu uma avaliação de contribuição média com 0,48. Subcomponente e indicador apresentam comportamento diferente, Atmosfera tem uma tendência para uma contribuição baixa e o indicador para uma contribuição alta.

Recursos Naturais é um subcomponente que teve uma avaliação de 0,70, considerada como contribuição alta. Este subcomponente e todos os seus indicadores não tiveram um comportamento similar. Solo teve uma tendência para contribuição muito alta; Recursos Naturais e Água tenderam para uma contribuição alta, e Recursos Minerais para uma contribuição média; o subcomponente teve uma tendência para contribuição alta. Os pesos da Água e Solo apresentaram os maiores no ajustamento.

Energia na Exploração Agropecuária apresentou uma contribuição mé-

dia de 0,47. O comportamento do subcomponente com seus indicadores, igualmente a outros, não foram similares com o subcomponente apresentando uma tendência de contribuição baixa; os indicadores Biomassa e Restos Vegetais e Animais para contribuição média, e Madeira sem uma contribuição definida. O maior peso foi para Restos Vegetais e Animais, seguido de Madeira e Biomassa para chegar a esse ajuste final.

O componente Agroquímicos apresentou uma contribuição alta com 0,61 de avaliação de impacto. Os indicadores em relação ao subcomponente não apresentam uma boa similaridade. Todos os indicadores apresentam uma tendência de muito alta contribuição, o que contrasta com o subcomponente que tem uma contribuição média, como mostra a Tabela 7.

Tabela 7. Resumo da avaliação da tecnologia.

Elemento	Sem ajuste	Ajustada	Contribuição
SIBCS	0,70	0,69	Alta
Eficiência Tecnológica	0,67	0,66	Alta
Conservação Ambiental	0,63	0,63	Alta
Recuperação Ambiental	0,67	0,67	Alta
Biodiversidade	0,59	0,59	Média
Água no Sistema	0,66	0,65	Alta
Solos	0,70	0,70	Alta
Atmosfera	0,50	0,48	Média
Recursos Naturais	0,71	0,70	Alta
Energia na Exploração Agropecuária	0,48	0,47	Média
Agroquímicos	0,62	0,61	Alta

O quadro resumo apresentado mostra que a avaliação desta tecnologia é que ela tem uma contribuição alta nos impactos ambientais. Os elementos com maior avaliação foram a Conservação dos Solos e Recursos Naturais, e com menor avaliação a foi a Energia na Exploração Agropecuária. De modo geral, a Tabela 7 mostra que oito elementos tiveram uma contribuição alta e três, uma contribuição média.

6. Considerações Finais

- A proposta considera exclusivamente as avaliações dos usuários e em forma global “extrai” a “importância” que eles dão aos diferentes elementos que intervêm no problema. Tais informações recolhidas dos usuários podem ir de confronto com a visão dos especialistas, o que pode ser motivo de pesquisa de tais contradições. Um aspecto muito importante a considerar é que tais informações são resultados diretos de duas etapas do processo: a construção da estrutura hierárquica e as formulação das perguntas. Em todo caso, um resultado como a proposta apresentada serve para avaliar as considerações que os especialistas têm sobre os sistemas. Na Embrapa Solos, as equipes formadas para realizar tais avaliações tiveram longas reuniões para chegar a essas estruturas apresentadas, nem sempre consensuais, nem de fácil compreensão para todos os especialistas. No resultado final, pode-se ter estruturas que podem ser motivo de discussão e aprimoramento que a presente proposta ajuda a levantar e corrigir. O resultado, em forma de gráfico e/ou numérica, também permite descobrir resultados incompatíveis com o conhecimento sobre a matéria. E, reexaminando a forma que foram feitas as perguntas aos usuários, descobre-se a localização do problema. Assim fica evidente a importância da clareza e simplicidade das questões oferecidas aos usuários.
- A proposta apresenta indicadores numéricos tanto de avaliação do elemento para o qual se contribui (elemento pai na estrutura), assim como da importância que todos os usuários dão aos elementos contribuintes (filhos). Sobre ambos se aplica a estatística elementar sobre as quais se podem fazer todos os testes estatísticos que permitam avaliar a qualidade dos resultados obtidos.
- A proposta recolhe e implementa o mecanismo de agregação ou generalização da teoria hierárquica e com ela vai agregando, desde elementos simples até os mais complexos, chegando finalmente à tecnologia, objeto de avaliação da proposta.
- Até à formulação do presente documento, novos enfoques para aprimorar os resultados estão em curso e pode-se evoluir para a construção de um software que permita a automatização das tarefas, ou elas podem ser utilizadas nas planilhas até agora implementadas.

7. Referências Bibliográficas

BALDWIN, M.; KELLOGG, C. E.; THORP, J. Soil classification. In: ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Soils and men**. Washington, 1938. p. 707-1001. (USDA. Agriculture Yearbook).

BRAMÃO, D. L.; SIMONSON, R. W. Rubrozem: a proposed great soil group. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 6., 1956, Paris. **Reports...** Bruxelles : Office International de Librairie, 1956. v. E, p.25-30.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal**: contribuição à carta de solos do Brasil. Rio de Janeiro, 1958. 350 p. ((Brasil. Ministerio da Agricultura. SNPA. Boletim, 11).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**: contribuição à carta de solos do Brasil. Rio de Janeiro, 1960. 634 p. (Brasil. Ministerio da Agricultura. SNPA. Boletim, 12).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Pesquisas e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. **Levantamento de reconhecimento dos solos do núcleo colonial de Gurguéia**. Rio de Janeiro, 1969. 79 p. (Brasil. Ministério da Agricultura. EPFS. Boletim Técnico, 6).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Estudo expedito de solos nas partes central e oeste do Estado da Bahia, para fins de classificação e correlação**. Recife, 1972. 73 p. (DNPEA. Boletim Técnico, 24; SUDENE. Série Pedologia, 12).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Aptidão agrícola dos solos do Estado de Pernambuco**: interpretação do levantamento exploratório-reconhecimento de solos. Recife, 1973. 55 p. (Brasil. Ministério da Agricultura-DNPEA-DPP. Boletim Técnico, 27; SUDENE-DRN. Série Pedologia, 15).

CAMARGO, M.N. Proposição preliminar de conceituação de Latossolos Ferríferos. In: EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Conceituação sumária de algumas classes de solos recém-reconhecidas nos levantamentos e estudos de correlação do SNLCS**: versão provisória. Rio de Janeiro, 1982. p. 29-31. (EMBRAPA-SNLCS. Circular Técnica, 1).

CAMARGO, M. N.; JACOMINE, P. K.T.; OLMOS ITURRI LARACH, J.; CARVALHO, A. P. de. Proposição preliminar de conceituação e distinção de Podzólicos Vermelho-Escuros. In: EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Conceituação sumária de algumas classes de solos recém-reconhecidas nos levantamentos e estudos de correlação do SNLCS**: versão provisória. Rio de Janeiro, 1982. p. 7-20. (EMBRAPA-SNLCS. Circular Técnica, 1).

CAMARGO, M. N.; JACOMINE, P. K.T.; CARVALHO, A. P. de; OLMOS ITURRI LARACH, J. The Brazilian classification of Latosols. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 8., 1986, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS: USDA: University of Puerto Rico, 1988. part.1, p. 190-199.

CARVALHO, A. P. Conceituação de terra bruna estruturada. In: EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Conceituação sumária de algumas classes de solos recém-reconhecidas nos levantamentos e estudos de correlação do SNLCS**: versão provisória. Rio de Janeiro, 1982. p. 21-23. (EMBRAPA-SNLCS. Circular Técnica, 1).

CAMPANHOLA, C. ; RODRIGUES, G. S. ; BETTIOL, W. . **Evolução, situação atual, projeção e perspectiva de sucesso de um programa de racionalização de uso de agrotóxicos no Brasil**. In: GERALDO STACHETTI RODRIGUES. (Org.). DIALOGO L: RACIONALIZACION DEL USO DE PESTICIDAS EN EL CONO SUR. MONTEVIDÉU: IICA/PROCISUR, 1998, v. , p. 43-49.

DAY, T. H. **Guia para a classificação dos solos do Terciário recente e do Quaternário da parte baixa do vale amazônico**. [S.l. : s.n.], 1959. 58 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem direita do rio São Francisco, Estado da Bahia**. Recife, 1977/1979. 2 v. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 52; SUDENE-DRN. Série Recursos de Solos, 10).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento detalhado e aptidão agrícola dos solos da área do Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, Mato Grosso do Sul**. Rio de Janeiro, 1979. 225 p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 59).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Classificação de Solos. **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento**: normas em uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro, 1988. 67 p. (Embrapa-SNLCS. Documentos, 11).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Division. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. **Soil classification**: a comprehensive system: 7th approximation. Washington, 1960. 265 p.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Division. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. **Soil taxonomy**: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington, 1975. 754 p. (USDA. Agriculture Handbook, 436).

FAO (Roma, Itália). **Soil map of the world**. Paris: Unesco, 1974. v. 1. Escala 1: 5.000.000.

KELLOGG, C. E. Preliminary suggestions for the classification and nomenclature of great soil groups in the tropical and equatorial regions. In: COMMONWEALTH CONFERENCE INTROPICAL AND SUBTROPICAL SOILS, 1., 1948. **Proceedings...** [S.l. : s.n.], 1949. p. 76-85.

KELLOGG, C. E.; DAVOL, F. D. **An exploratory study of soil groups in the Belgian Congo**. Brussels: L'Institut National pour L'Étude Agronomique du Congo Belge, 1949. 73 p. (INEAC. Série Scientifique, 46).

LEMOS, R. C. de; AZOLIM, M. A. D.; RODRIGUES, P. V.; SANTO, R. D. dos; SANTOS, M. da C. L. dos; CARVALHO, A. P. de. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul: primeira etapa, planalto Rio-grandense. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, v. 2, p. 71-209, 1967.

MANSILLA BACA, J. F. **Dinâmica da Paisagem: Métodos analíticos e modelos de classificação e simulação prognóstica, sob a ótica geocológica**. 2002. 184 p. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal de Rio de Janeiro, Dpto. de Geografia, Rio de Janeiro.

MIRRA, A. L. V. **Impacto ambiental**: aspectos da legislação brasileira. São Paulo, Editora Oliveira Mendes, 1998.

O'NEILL, R. V., DEANGELIS, D. L., WAIDE, J. B., ALLEN, T. F. H. 1986. **A Hierarchical Concept of Ecosystems**. Princeton University Press, Princeton.

PIMENTEL, D. 1998. **Environmental and economic issues associated with pesticide use**. In International Conference on Pesticide Use in Developing Countries: Impact on Health and Environment. (1998, Heredia, Costa Rica). Pesticide Program: Development, Health and Environment. Universidad Nacional. Book of Abstracts. San José, Costa Rica. p. 8-14.

REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10., 1979, Rio de Janeiro. **Súmula...** Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1979b. 83 p. (EMBRAPA-SNLCS. Série Miscelânea, 1).

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

RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; IRIAS, L. J. M.; LIGO, M. A. V. **Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisa II: avaliação da formulação de projetos - versão I**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 28 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa, 10).

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. **Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: um sistema de avaliação para o contexto institucional de P&D**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.19, n. 3, p.349-375, set./dez. 2002.

SIMONSON, R. W. Genesis and classification of red-yellow podzolic soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 14, p. 316-319, 1949.

SIMONSON, R. W.; RIECKEN, F. F.; SMITH, G. D. **Understanding Iowa soils: an introduction to the formation, distribution and classification of Iowa soils**. Dubuque: C. Brown, 1952. 142 p.

SOMBROEK, W.G. **Reconnaissance soil survey of the area Guamá-Imperatriz**. Belém : FAO, 1961. 151p.

THORP, J.; SMITH, G. D. Higher categories for soil classification. **Soil Science**, Baltimore, v. 67, p. 117-126, 1949.