



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Embrapa Solos

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1678-0892

Dezembro, 2005

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 88

Avaliação de Impacto Ambiental - o caso do Programa de Análise de Qualidade de Laboratórios de Fertilidade – PAQLF

Jesus Fernando Mansilla Baca

Sergio Gomes Tôsto

Alberto Carlos de Campos Bernardi

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).

Mansilla Baca, Jesus Fernando.

Avaliação de impacto ambiental -- o caso do Programa de Análise de Qualidade de Laboratórios de Fertilidade - PAQLF [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 ; 88)

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

1. Impacto Ambiental. 2. Programa de Análise de Qualidade de Laboratórios de Fertilidade. 3. PAQLF. I. Tôsto, Sergio Gomes. II. Bernardi, Antonio Carlos de Campos. III. Claessen, Marie Elizabeth Christine. IV. Ramalho Filho, Antonio. V. Brandão, Elizabeth Santos. VI. Costa, Julio Roberto Ferreira da. VII. Embrapa Solos. VIII. Título. IX. Série.

CDD (21. ed.) 333.714

© Embrapa 2005

Sumário

1. Introdução	5
2. Descrição do Programa de Análise de Qualidade de Laboratórios de Fertilidade.....	5
3. Descrição dos componentes, sub-componentes e indicadores de avaliação de impacto ambiental.....	7
4. Metodologia	15
5. Resultados e Discussão	30
6. Considerações Finais.....	32
7. Referências Bibliográficas	34
8. Literatura Consultada.....	35

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 da 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, buscando uma participação ativa dos usuários da tecnologia.

2. Descrição do Programa de Análise de Qualidade de Laboratórios de Fertilidade

O Programa de Análise de Qualidade de Laboratórios de Fertilidade (PAQLF) é de âmbito nacional, voluntário e coordenado pela Embrapa Solos, que incorpora os laboratórios de fertilidade de solo que utilizam o chamado método Embrapa.

A natureza dos laboratórios participantes é variada, indicando o caráter abrangente do PAQLF, pois participam unidades da Embrapa, Universidades, órgãos de pesquisa e extensão, além de laboratórios particulares e de cooperativas. O PAQLF teve início em 1992 com o objetivo de proporcionar um meio de avaliação e de correção da qualidade analítica dos participantes (PÉREZ; MENEGUELLI, 1999). É um dos cinco Programas de Qualidade de análise de solo existentes atualmente no Brasil (CANTARELLA et al., 2001). Conta com a participação de 92 laboratórios que utilizam o método Embrapa e que estão localizados em todas as regiões do país, englobando 23 estados brasileiros e o Distrito Federal. A Região Centro-Oeste é a que tem maior número do labo-

ratórios participantes com 33, seguida pela Região Nordeste, com 30 participantes. As regiões Sudeste e Norte seguem com 14 laboratórios cada, e a Região Sul com apenas um laboratório. A Tabela 1 apresenta o número de laboratórios por estado.

Tabela 1. Número de laboratórios por estado.

Região/ Estados	Nº Labs	Região/ Estados	Nº Labs	Região/ Estados	Nº Labs	Região/ Estados	Nº Labs	Região/ Estados	Nº Labs
Norte	14	Nordeste	30	Sudeste	14	Centro Oeste	33	Sul	1
RR	1	MA	1	ES	5	MT	7	PR	1
AM	3	PI	3	RJ	8	GO	17		
AP	1	CE	3	MG	1	MS	6		
PA	2	RN	2			DF	3		
TO	3	PB	3						
RO	2	PE	5						
AC	2	AL	2						
		SE	2						
		BA	9						

A natureza dos laboratórios é variada, indicando o caráter abrangente do PAQLF, pois participam unidades da Embrapa, Universidades, órgãos de pesquisa e extensão, além de laboratórios particulares e de cooperativas (BERNARDI, 2003).

No PAQLF, os laboratórios são avaliados em função da exatidão (acerto) e da precisão (reprodutibilidade) dos resultados analíticos (QUAGGIO, 1987). A partir dos resultados de inexatidão e imprecisão, calcula-se o Índice de Excelência – IE que serve como base para a classificação dos laboratórios, uma vez que, a partir dele, são atribuídos conceitos. Os participantes que obtiveram os melhores conceitos são habilitados a utilizar, no ano seguinte, o Selo de Qualidade.

A habilitação ao uso do Selo de Qualidade foi introduzida em 1998 e funciona como um meio de atestar o desempenho satisfatório dos participantes perante aos clientes externos.

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 pestidas 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).

I.a. 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.

Categorias de insumos de fertilidade são incluídas no sistema, quais sejam:

- **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 carreados 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.

- **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 PAQLF 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 das informações do PAQLF, conduz a um impacto positivo.

II. Uso de energia

O segundo indicador de Eficiência Tecnológica considerado no modelo 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.

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.

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 incorporados 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.

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 atmosfera, capacidade produtiva do solo, água e pela perda de biodiversidade.

• 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. Isso deve-se 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 que suas características pedogenéticas.

• 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 consequências 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 consequências 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 certa dupla contagem ocorre quando as alterações da qualidade das águas são consideradas na avaliação de impactos ambientais da inovação tecnológica, mas isto 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 obterem 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 nestas 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.

- **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

limitrofes. Quanto mais equilibradas estas 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.

• 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 (PIMENTEL et al., 1992). 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 (RODRIGUES, 2001). 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 conseqüências 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 apóia-se nesta biodiversidade. As contribuições da bio-

diversidade 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 (CAMPA-NHOLA et al., 1998). No modelo, três componentes são considerados neste indicador, quais sejam: vegetação natural, espécies endêmicas e diversidade de espécies.

- **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 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.

- **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 este 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.

Recuperação Ambiental

Para este componente foram avaliados os seguintes critérios: água de laboratório e solos e áreas degradadas, como mostra a Figura 3.

4. Metodologia

O presente trabalho é uma contribuição da Embrapa com a finalidade de avaliar tecnologias, produtos e serviços desenvolvidos pela Embrapa, 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).

A metodologia desenvolvida está fundamentada 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.). Esta é a razão que faz com que os usuários finais da tecnologia sejam os mais aptos para realizar tal tarefa. Ainda que estes usuários não possuam todo o conhecimento sobre as tecnologias, mas, sua 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, o 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).
- 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 da metodologia. 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.

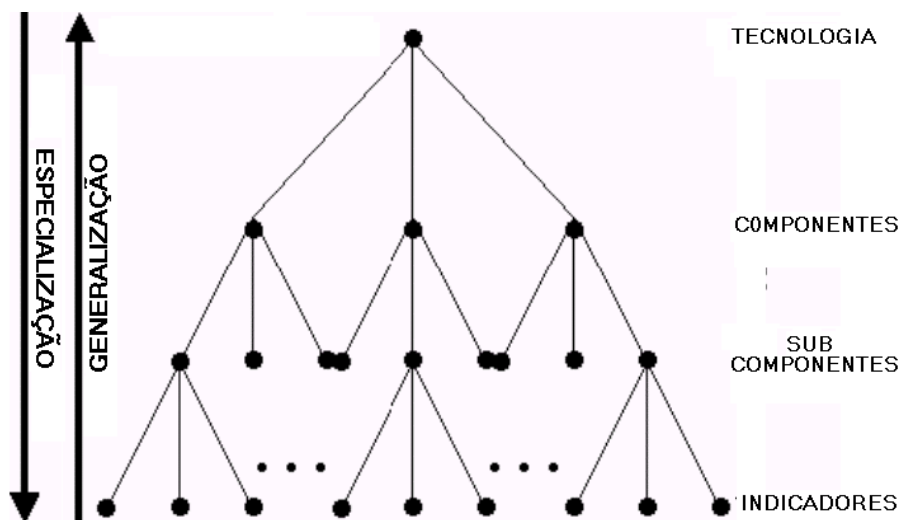


Figura 1. Estrutura hierárquica de uma metodologia de avaliação de tecnologia.

- 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.

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?".

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. Nesta 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.

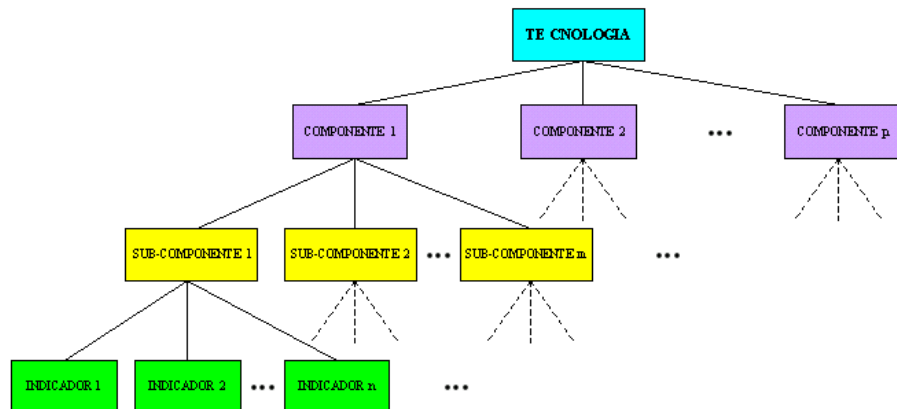


Figura 2. Estrutura hierárquica da metodologia.

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.

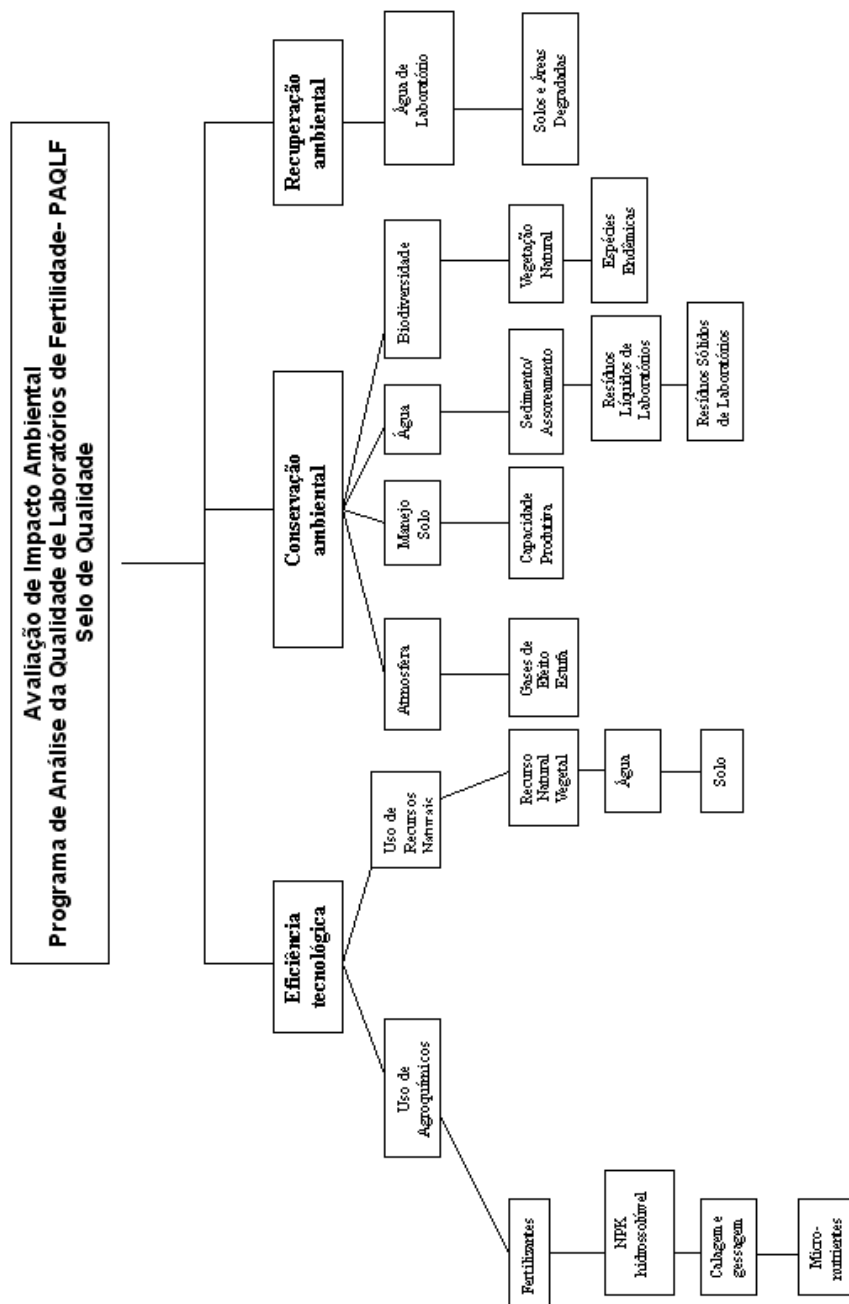


Figura 3. Estrutura hierárquica do Sistema de Aptidão Agrícola das Terras - Avaliação de Impacto Ambiental.

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 o nó 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.

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

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. Essa 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, a transformar valores em avaliação de acordo com as classes definidas.

Tabela 1. Tabela de 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 componente 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, portanto, 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, portanto, u* = 1, ..., n.

Este modelo matemático pode ser escrito matricialmente da seguinte maneira:

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

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, multiplicando ambos membros da equação (1) pela matriz transposta de AV da seguinte forma:

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

Na equação (2), o produto $[AV]^T_{m*n} * [AV]_{n*m}$ é uma matriz quadrada

que bem condicionada tem inversa, multiplicando-se esta inversa em ambos membros de (2) a equação fica da forma:

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

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

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

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.

A Tabela 2 apresenta a legenda dos diferentes elementos com as correspondentes cores que facilitem tanto a construção dos gráficos, assim como sua interpretação por parte dos usuários. A Tabela 3 mostra as frequências (instâncias) das classificações para cada elemento, ou seja, do total de respostas recebidas, quantos usuários consideraram que cada elemento “Contribuição muito alta” (CMA), “Contribuição alta” (CA), “Contribuição média” (CM), “Contribuição baixa” (CB) e “Contribuição quase nula ou não contribui” (CN). A Tabela 4 é o resultado da transformação das classificações em porcentagens.

Tabela 2. Legenda do subcomponente Uso de Agroquímicos e seus indicadores.

Legenda	
Agroquímicos	
Pesticidas	
Frequência-pesticidas	
Quantidade-pesticidas	
Fertilizantes	
NPK	
Calagem e gessagem	
Micronutrientes	
Resíduos orgânicos	

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.

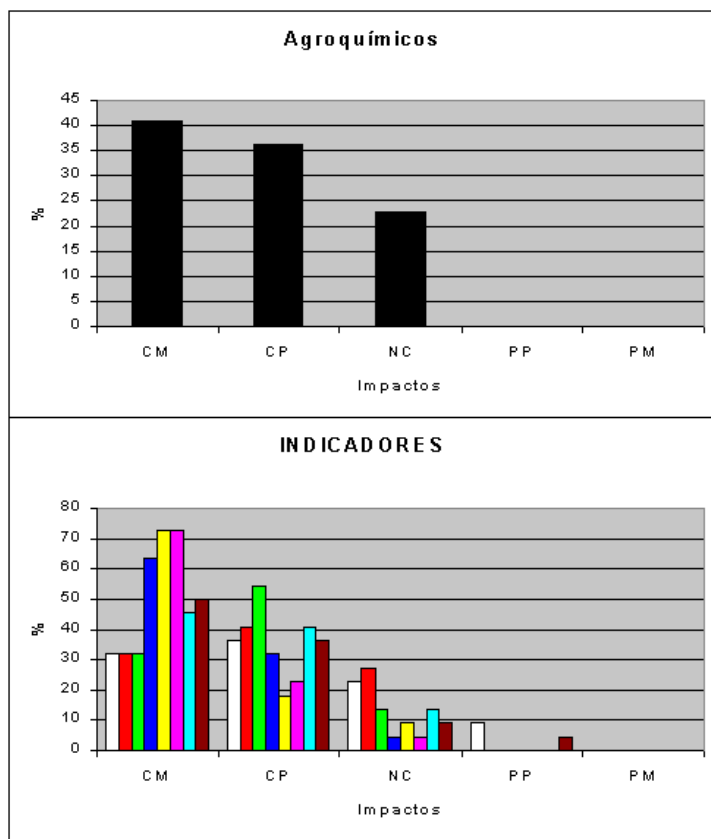


Figura 4 Histogramas do Sub-Componente Uso de Agroquímicos e seus indicadores.

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 corres-

pondente 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.

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 de 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.

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.

Microsoft Excel - Saaat.xls												
Arquivo Editar Exibir Insert Ferramentas Dados Janela Ajuda												
Aval 10 100% 000 000 000												
G59 =												
3	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
4	Dados											
5	Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	Indicadores	Agroquímicos	Pesticidas	Frequencia - Pesticidas	Quantidade Pesticidas	Fertiliza ntes	NPK	Calagem e Gessegem	Micron utriente	Resíduos organicos	Energia na explor. Agropec.	Combust Fosséis
7	Individuo 1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1
8	Individuo 2	3	3	1	1	3	3	3	1	-1	1	3
9	Individuo 3	1	-1	1	1	3	3	3	3	1	3	1
10	Individuo 4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1
11	Individuo 5	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1
12	Individuo 6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
13	Individuo 7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
14	Individuo 8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
15	Individuo 9	0	1	1	3	1	0	0	3	0	0	1
16	Individuo 10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
17	Individuo 11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
18	Individuo 12	1	1	3	1	0	0	1	0	1	0	1
19	Individuo 13	1	1	1	1	3	3	3	1	3	1	1
20	Individuo 14	0	0	0	0	3	3	3	3	3	0	3
21	Individuo 15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
22	Individuo 16	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
23	Individuo 17	1	1	1	1	3	3	3	3	3	1	1
24	Individuo 18	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	3
25	Individuo 19	3	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3
26	Individuo 20	1	1	1	1	3	3	3	3	3	1	3
27	Individuo 21	0	0	0	1	1	1	3	3	3	3	3
28	Individuo 22	1	1	1	1	1	3	3	3	1	1	1
29												
30												
31		Contribui Muito		3								
32		Contribui Pouco		1								
33	Valores atribuídos às questões:	Não altera		0								
34		Prejudica Pouco		-1								
35		Prejudica Muito		-3								
36												
C:\T_SAAAT\ambiental\ C:\Recuperação Ambiental												

Figura 6. Planilha de entrada de dados.

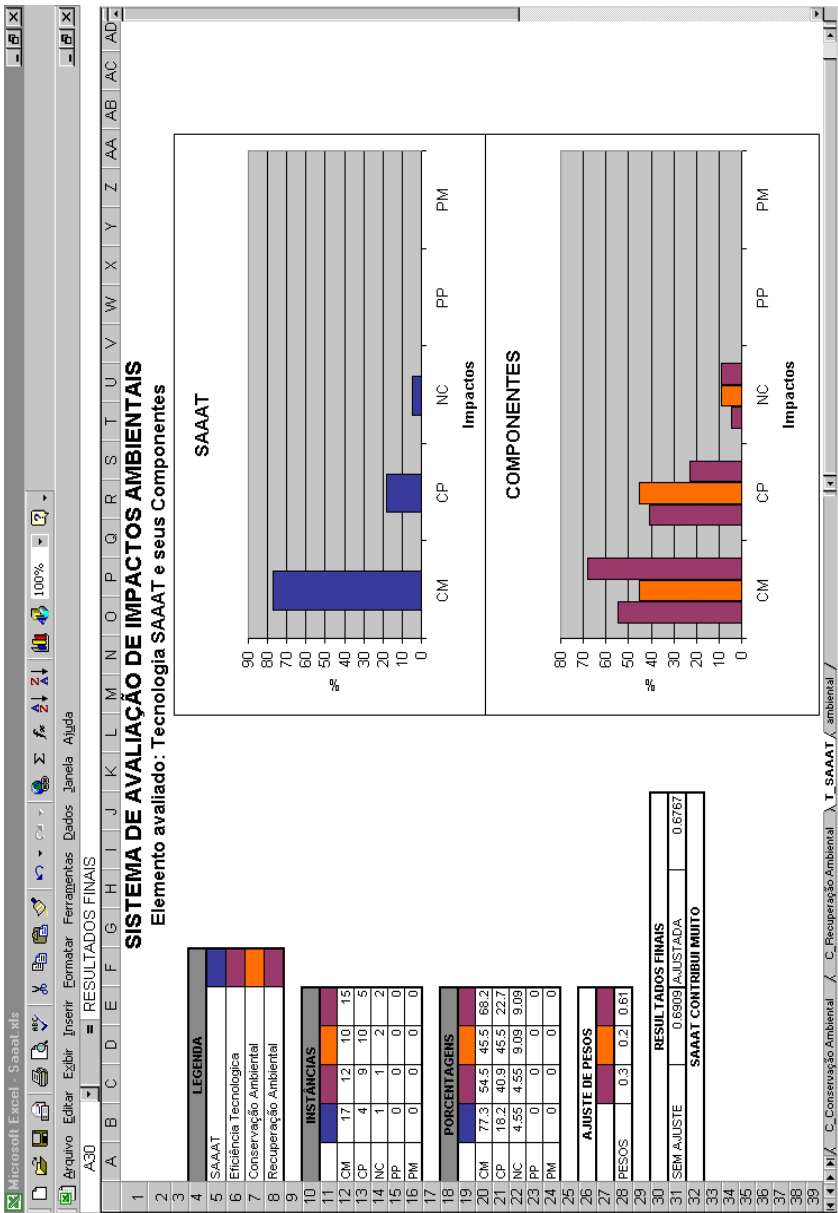


Figura 7. Planilha da tecnologia e seus componentes.

5. Resultados e Discussão

Esta tecnologia teve uma avaliação de contribuição alta com 0,7 no resultado final tanto nos dados ajustados e não ajustados. Os componentes Conservação Ambiental e Recuperação Ambiental tiveram uma resposta similar à tecnologia, sendo que o componente Eficiência Tecnológica apresentou um gráfico com uma tendência de contribuição maior, o que é mostrado no peso de 0,5 maior que os demais componentes.

O componente Recuperação Ambiental tem uma avaliação de contribuição alta, com 0,63, e seu subcomponente não apresenta comportamento similar. O componente apresenta uma avaliação maior e o subcomponente puxa para uma contribuição média.

O componente Conservação Ambiental teve uma avaliação de 0,63, considerada como contribuição alta. Os subcomponentes e componentes tiveram uma resposta completamente diferente: Problemas Atmosféricos, Conservação da Água e Biodiversidade têm uma tendência para pouca contribuição; Conservação dos Solos apresenta resposta para muito alta contribuição; e a Conservação Ambiental apresenta alta contribuição. O subcomponente de maior peso foi o de Biodiversidade, seguido de Conservação dos Solos, Problemas Atmosféricos e Conservação da Água, conforme mostra na Tabela 7.

A Eficiência Tecnológica teve uma avaliação de 0,71, com uma contribuição alta. Componente e subcomponente Recursos Naturais tiveram uma resposta similar e coerente; diferente de Agroquímicos, que apresentou uma tendência de contribuição média. No entanto, os dois subcomponentes apresentaram ajustados pesos similares, como mostra o gráfico na parte de ajuste de pesos.

O subcomponente Recuperação de Águas teve uma resposta de contribuição média com 0,52 de avaliação. Subcomponente e indicador graficamente mostram um comportamento diferente com o componente mostrando uma contribuição média diferente do indicador de Recuperação de Solos e Áreas Degradadas, que mostrava tendência para uma alta e muito alta contribuição. Considerando que é um indicador, é característico que neste item ou o indicador tem pouca relação com o

subcomponente, e isto é difícil de ser compreendido pelo usuário, ou a questão no formulário não foi devidamente formulada.

A Biodiversidade teve uma contribuição média com avaliação de 0,56. Os gráficos de barras de subcomponente e indicadores mostram respostas similares com pequenas variações. Os pesos dos indicadores foram maiores para as Espécies Endêmicas, no entanto Vegetação Natural ficou próximo.

Conservação da Água teve uma contribuição alta com 0,61 de avaliação. As formas dos gráficos de barras de subcomponente e indicadores apresentou-se coerente com similaridade de distribuição. O indicador que mais pesou para chegar a esta avaliação ajustada foi o de Sedimentação ou Assoreamento, com 0,92, contrastando com os outros dois indicadores que apresentaram pesos baixos.

O subcomponente Conservação dos Solos apresentou uma contribuição alta com 0,73 de avaliação ajustada. Os diagramas do subcomponente e indicador são similares e coerentes.

O subcomponente Problemas Atmosféricos resultou com uma contribuição média com 0,56 de avaliação. Seu indicador resultou com forma similar ao subcomponente, como mostram os diagramas de barras.

O subcomponente Recursos Naturais foi avaliado com uma contribuição alta nos impactos ambientais, com 0,67. Os indicadores e o subcomponente não apresentaram uma similaridade na distribuição de frequências, como mostram os gráficos. Recursos não Vegetais e Água apresentam uma tendência de contribuição média; e Solos de contribuição muito alta, contrastando a Recursos Naturais, que apresenta uma tendência de contribuição alta. O indicador que mais pesou foi Recursos Não Vegetais.

Agroquímicos é um subcomponente que apresenta uma contribuição média com 0,53 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
PAQLF	0,70	0,70	Alta
Eficiência Tecnológica	0,73	0,71	Alta
Conservação Ambiental	0,64	0,63	Alta
Recuperação Ambiental	0,65	0,63	Alta
Recuperação de Águas	0,55	0,52	Média
Biodiversidade	0,57	0,56	Média
Conservação da Água	0,62	0,61	Alta
Conservação de Solos	0,72	0,73	Alta
Problemas Atmosféricos	0,56	0,56	Média
Recursos Naturais	0,68	0,67	Alta
Agroquímicos	0,54	0,53	Média

O resumo apresentado mostra que a avaliação desta tecnologia tem uma contribuição alta nos impactos ambientais. O elemento com maior avaliação foi a Conservação dos Solos e o com menor avaliação a foi a Recuperação de Águas. De modo geral, pode ser observado no resumo que 7 elementos tiveram uma contribuição alta e 4, uma contribuição média.

6. Considerações Finais

A proposta considera exclusivamente as avaliações dos usuários e em forma global “extraí” 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 tem 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, daí que 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 permitiu descobrir, “a olho nú”, resultados incompatíveis com o conhecimento sobre a matéria e reexaminando a forma que foram feitas as perguntas aos usuários descobriu-se que o problema estava nesta formulação destas. Assim ficou 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), e aplica sobre ambos a estatística elementar sobre as quais se podem fazer todos os testes estatísticos que permitam avaliar a qualidade dos resultados obtidos. Nesta proposta não são apresentados tais testes, porém para futuros desenvolvimentos serão incorporados na proposta, que enriquecerão e oferecerão os resultados com o rigor científico que deve ter todo trabalho de pesquisa principalmente, numa área importante como é a avaliação de tecnologias sobre o meio ambiente.

A proposta recolhe e implementa o mecanismo de agregação ou generalização da teoria hierárquica e com ela vai agregando de elementos simples para os mais complexos, chegando finalmente à Tecnologia, objeto de avaliação da proposta.

Até a formulação do presente documento, novos enfoques para aprimorar os resultados estão em curso. Caso a Embrapa mostre interesse na proposta, 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

BERNARDI, A. C. de C. **Programa Embrapa de qualidade de laboratórios de fertilidade (PAQLF): resultados de 2002.** In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2003, Ribeirão Preto. Resumos expandidos. Viçosa : SBCS, 2003. v. XXIX.

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.

CANTARELLA, H.; WIETHOLTH, S.; BERNARDI, A. C. C.; VITTI, G. C.; CANTARUTTI, R. B.; MUNIZ, A. S.; OLIVEIRA, M. H. Programas de avaliação de qualidade das análises de solo e de planta no Brasil. **Boletim Informativo Sociedade Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.1, p. 20-24, 2001.

MANSILLA BACA, J. F. **Dinâmica da Paisagem: Métodos analíticos e modelos de classificação e simulação prognóstica, sob a ótica geoecológica.** 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.

PÉREZ, D. V. ; MENEGUELLI, N. A. . Comparação de métodos de determinação de carbono em alguns tipos de solos brasileiros. In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1999, Brasília. XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1999.

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.

PIMENTEL, D.; STACHOW, U.; TAKACS, D. A.; BRUBAKER, H. W.; DUMAS, A. R.; MEANEY, J. J.; O'NEIL, J. A. S.; ONSI, D. E.; CORZILIUS, D. B. Conserving biological diversity in agricultural/forestry systems. **BioScience**, v. 42, p. 354-362, 1992.

QUAGGIO, J. A. Programa de laboratórios de análise de solo do Estado de São Paulo. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 61-69, 1987.

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. **Impacto das atividades agrícolas sobre a biodiversidade**: causas e consequências. In: GARAY, I.; DIAS, B. (Ed.). Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais. Petrópolis: Vozes, 2001. p. 128-139.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. **Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária**. [Jaguariúna]: Embrapa Meio Ambiente, [2001]. 93 p. Digitado.

8. Literatura Consultada

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.