



---

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

## **MÉTODOS QUANTITATIVOS**

### **Dez Perguntas e Dez Respostas Inovadoras**

**Tema: os métodos quantitativos e as tendências da  
área de ciência e tecnologia na pesquisa  
agropecuária**

**Departamento de Pesquisa e Difusão de Tecnologia**

# **MÉTODOS QUANTITATIVOS**

## **Dez Perguntas e Dez Respostas Inovadoras**

Coletânea de perguntas e respostas formuladas com o intuito de esclarecimento e inovação na abordagem dos métodos quantitativos no enfoque sistêmico e de P&D no Sistema EMBRAPA de Planejamento - SEP.

**ENEDINO CORRÊA DA SILVA**  
Editor

Brasília - 1996

# ÍNDICE

APRESENTAÇÃO .....	iv
1. INTRODUÇÃO.....	05
2. PERGUNTAS VERSUS RESPOSTAS.....	06
Pergunta nº 1. Porque o termo métodos quantitativos quando o que se busca é a qualidade da pesquisa?.....	06
Pergunta nº 2. Como associar métodos quantitativos à pesquisa agropecuária?.....	07
Pergunta nº 3. Como tornar os métodos quantitativos o mais úteis possível para a pesquisa agropecuária? .....	07
Pergunta nº 4. Como associar a estatística e os métodos quantitativos à área de ciência e tecnologia? .....	10
Pergunta nº 5. Como deve ser o conhecimento de Estatística em uma instituição de C&T? .....	12
Pergunta nº 6. Qual é a abordagem científica dos métodos quantitativos?.....	14
Pergunta nº 7. Como se dá a pesquisa analítica e a pesquisa em sistemas no contexto dos métodos quantitativos?.....	15
Pergunta nº 8. Como acontece o enfoque de sistema na pesquisa? .....	19
Pergunta nº 9. Situe as atividades de pesquisa no enfoque de sistema? ..	21
Pergunta nº 10. Como a tecnologia da informação pode apoiar os métodos quantitativos? .....	24
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25

## APRESENTAÇÃO

Após a realização do III Encontro de Métodos Quantitativos da EMBRAPA e do SNPA, se deu início à publicação da coletânea de métodos quantitativos. Esta coletânea tem por objetivo divulgar a área, em artigos de autores diretamente envolvidos com os métodos quantitativos, não só na EMBRAPA como em Instituições de pesquisa do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA).

Durante o próprio Encontro, realizado em junho de 1995, os participantes consideraram a necessidade da divulgação e melhor entendimento sobre os métodos quantitativos na pesquisa agropecuária. E isto tem sido feito através da publicação da coletânea, através da realização de cursos de métodos quantitativos na EMBRAPA e no SNPA, e através de eventos, que visam agregar a área no âmbito nacional.

Para concretizar esta divulgação dos métodos quantitativos, principalmente para aqueles que ainda não tiveram a oportunidade, foram reunidas estas dez perguntas e dez respostas sobre aspectos operacionais da área no contexto do Sistema EMBRAPA de Planejamento (SEP).

Esta publicação faz parte das atividades do Projeto "Métodos Quantitativos para Melhoria da Qualidade da Pesquisa na EMBRAPA e no SNPA", pertencente ao Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento da Agropecuária (PRONAPA).

Enedino Corrêa da Silva  
Editor

---

## MÉTODOS QUANTITATIVOS

### Dez Perguntas e Dez Respostas Inovadoras

#### 1. INTRODUÇÃO

Métodos quantitativos na pesquisa agropecuária, ao contrário de muitas interpretações, envolve a complementariedade dos enfoques reducionista e sistêmico, com ferramental metodológico de apoio e suporte às atividades de C&T em uma instituição.

Estão no escopo dos métodos quantitativos as áreas de Pesquisa Operacional (Sistemas), Estatística, Biometria, Econometria, Sociometria, Computação Científica, Sistemas de Informação, etc.

A importância de seu papel aparece no planejamento, na execução e na avaliação dos resultados.

Dentro do enfoque de P&D, a questão inicial é o que pesquisar. A resposta a esta pergunta envolve uma consulta a todos os componentes do negócio agrícola visando identificar e priorizar as demandas por tecnologia. Esta consulta requer a definição dos clientes representativos e a seleção de uma amostra representativa para consulta. Ai os métodos quantitativos estão presentes através dos métodos de amostragem, dos questionários que fazem a inferência nos levantamentos e pesquisas de opinião, dos bancos de dados e das técnicas multivariadas.

Priorizadas as demandas para a pesquisa e os problemas que requerem soluções tecnológicas, é o momento de planejar o projeto de pesquisa, cujo componente mais importante é a metodologia. O planejamento de um projeto envolve a aplicação de procedimentos estatísticos específicos e adequados visando testar a hipótese formulada. Aqui a importância dos métodos quantitativos cresce a medida que aumentam as variáveis a serem avaliadas, em função da qualidade da pesquisa.

Na execução de um projeto, principalmente na área biológica, é preciso considerar a diversidade natural de populações de plantas, a variabilidade espacial de solos, ou diferenças climáticas, etc.

Uma vez executado um projeto de pesquisa, nos deparamos com uma grande quantidade de informações a serem analisadas e interpretadas, através de métodos biométricos, econométricos e sociométricos, visando tirar as conclusões científicas da pesquisa.

O desenvolvimento da automação e da informática tem resultado numa crescente importância da computação científica e dos sistemas de informação na gestão da pesquisa agropecuária, tanto nos aspectos técnicos como nos administrativos. A viabilidade de um sistema de planejamento requer o apoio de um sistema de informação que permita a integração de todos os atores do processo de pesquisa e desenvolvimento, que facilite o tramite de informações entre os vários escalões de uma instituição, que proporcione a difusão de informações para a clientela da pesquisa e, finalmente, resulte na formação de bancos de dados referenciais.

A pesquisa em sistema e a pesquisa analítica são complementares e devem conviver de forma harmoniosa e interativa para o sucesso de uma instituição de C&T.

Após estas considerações, as quais julgamos necessárias para melhor esclarecimento sobre os métodos quantitativos na pesquisa agropecuária, colocamos a seguir, 10 perguntas e 10 respostas formuladas pelos diferentes segmentos de pesquisa de uma instituição de C&T, e que trabalha intensamente no enfoque sistêmico e de P&D, alicerçada nos princípios da Qualidade Total.

## 2. PERGUNTAS VERSUS RESPOSTAS

**Pergunta nº 1.** *Por que o termo métodos quantitativos quando o que se busca é a qualidade da pesquisa. Por que não métodos qualitativos?*

**Resposta.** O termo métodos quantitativos é oriundo das Universidades americanas, onde o desenvolvimento nesta área tem sido extraordinário. Na verdade, métodos quantitativos reúne áreas do conhecimento que abordam o enfoque sistêmico e a decomposição em suas partes para os estudos específicos e verticalizados, no chamado reducionismo. A qualidade da pesquisa em uma instituição de C&T passa

necessariamente pelos métodos quantitativos. O próprio pesquisador no laboratório, e em suas experiências, quer no campo biológico, como no campo social ou econômico, tem atividades que o conduzem à pesagem, contagem, pipetagem, com medições que têm o objetivo de obter uma tecnologia e um produto de alta qualidade. A pesquisa científica e o método científico estão intimamente associados aos métodos quantitativos.

**Pergunta nº 2.** *Como associar métodos quantitativos à pesquisa agropecuária?*

**Resposta.** A pesquisa agropecuária visa a melhoria do desempenho dos sistemas agropecuários no que se refere às suas implicações econômicas e sociais. A característica marcante dos sistemas agropecuários são sua complexidade intrínseca e extrínseca. A primeira decorrente da extraordinária variação dos sistemas agrícolas e pecuários, que compreendem a exploração de grande número de espécies vegetais e animais sob variação também enormemente acentuada de condições tecnológicas, econômicas e sociais. A segunda está relacionada à elevada dependência ou interação com ambiente altamente variável.

Estas características ressaltam a grande complexidade da pesquisa agropecuária no Brasil. Resultados de pesquisa devem ser gerados para resolver problemas de uma extensa área, com enorme variação ecológica e de condições econômicas e sociais.

A variação ambiental constitui um problema complexo para lograr a representatividade da pesquisa agropecuária, aumentando enormemente as dificuldades para inferências com propósitos de gerar recomendações para os usuários. Sob essas condições, a pesquisa, principalmente a pesquisa experimental, exige recursos bastante elevados. Conseqüentes complexidades decorrem para a programação, e o gerenciamento e a análise da informação utilizada e gerada pela pesquisa. Os métodos quantitativos auxiliam na redução do custo e do tempo entre a geração e o uso dos resultados, ou melhor, auxiliam no aumento da velocidade em que se transforma ciência em tecnologia útil aos seus usuários.

**Pergunta nº 3.** *Como tornar os métodos quantitativos o mais úteis possível para a pesquisa agropecuária?*

**Resposta:** Um programa de capacitação visa a mudança para uma nova situação. No caso particular da capacitação em estatística, o programa tem que visar habilitar os pesquisadores para a utilização da metodologia científica que contribua para o

desenvolvimento de pesquisas mais eficazes, que possam ter impacto relevante para o desempenho da agropecuária. Esse programa tem que ter como meta a correção das atuais deficiências da pesquisa e, também, a habilitação dos pesquisadores, incluindo os estatísticos, para as mudanças e novas linhas e possibilidades de pesquisa que estão surgindo.

Portanto, torna-se importante caracterizar os atuais problemas, entraves e deficiências da pesquisa. Uma lista é apresentada a seguir, sumariamente e sem pretensão de que seja completa.

- 1) Demasiada ênfase é destinada à pesquisa experimental, em prejuízo da utilização de outros métodos de pesquisa em circunstâncias em que são mais apropriados.
- 2) Dedicam-se atenção e tempo insuficientes para a concepção e o planejamento das pesquisas. Conseqüentemente, são realizadas pesquisas com problemas e hipóteses inadequados e mal formulados, são conduzidos experimentos repetitivos, experimentos se tornam inconclusivos ou não fornecem respostas às questões que visavam responder, e resultados de pesquisa não são aplicáveis à realidade.
- 3) Experimentos não têm seus dados criticados e analisados, têm dados apenas parcialmente analisados e não têm dados analisados a tempo para consideração dos resultados alcançados nas reuniões de programação das pesquisas.
- 4) Como conseqüência, prolonga-se demasiadamente a execução de experimentos, altera-se planos de experimentos e interrompe-se experimentos inadequadamente.
- 5) Atribui-se atenção insuficiente ao acompanhamento das pesquisas e ao registro e controle dos dados, com conseqüentes prejuízos para a qualidade das informações geradas.
- 6) Há pouca atividade interdisciplinar, especialmente importante nas fases de planejamento e avaliação de resultados da pesquisa, o que significa pouco intercâmbio de experiências e pouco exercício de crítica que possa favorecer a qualidade das pesquisas..



- 7) Pouca atenção é dedicada à exploração de dados de pesquisa para estudos visando a derivação de informações importantes, além daquelas que constituíram os propósitos dos experimentos, e a avaliação dos progressos das pesquisas.
- 8) Inexiste sistemática institucional de registro, armazenamento e preservação das informações geradas pela pesquisa, o que torna difícil ou inviável os estudos referidos no item anterior, especialmente quando decorre afastamento de pesquisadores.
- 9) Atividades de pesquisa cumprem um ritual, em prejuízo da orientação científica de racionalidade e criatividade.
- 10) Pesquisadores tendem a seguir "receitas estatísticas", sem consideração de sua adequabilidade e dos "ingredientes" disponíveis. São exemplos, os indiscriminados usos de delineamentos de parcelas divididas para experimentos fatoriais e de procedimentos de comparações múltiplas.
- 11) Pesquisadores têm conhecimentos insuficientes da metodologia da pesquisa científica, em particular dos métodos estatísticos, indispensáveis para o exercício das atividades de pesquisa em sua área especializada.
- 12) Falta interesse e motivação para estudo da metodologia da pesquisa científica, particularmente do método estatístico.
- 13) Falta e usa-se mal recursos para a automação da coleta e processamento da informação da pesquisa, particularmente da análise de dados.
- 14) Falta (quantitativa e qualitativa) de pesquisadores especialistas em estatística e, em geral, em métodos quantitativos.
- 15) Falta de política de capacitação contínua de pesquisadores, em particular de estatísticos, e falta de oportunidade para treinamento em métodos quantitativos.

Importante, também, é a capacitação dos pesquisadores, para as novas perspectivas que se descortinam. São esperanças as mudanças que poderão advir dos recentes desenvolvimentos na biologia molecular e na manipulação genética de plantas e de animais, que abrem perspectivas para aplicação em biotecnologia, assim como na agricultura convencional. Elas também poderão provocar nova

visão na biologia de plantas e animais. Também há expectativas de maiores desenvolvimentos na habilidade de plantas para fixação de nitrogênio, tanto do ar como do solo, e na habilidade de animais para a conversão de proteína. Nestas áreas, há importantes e difíceis problemas de delineamento e análise de experimentos para os estatísticos. Experimentos tradicionais serão necessários quando esses novos métodos e novos materiais genéticos tiverem que ser avaliados e integrados no nível de cultivo ou rebanho. Possivelmente, a pesquisa experimental será parte de uma pesquisa muito mais ampla do sistema, envolvendo os novos métodos e os novos materiais. Para que os estatísticos possam contribuir para essa nova era devem reconhecer que o mundo está mudando e continuará a mudar. Deverão reavaliar suas prioridades. Trabalhos aplicados estão demasiadamente concentrados em ganhos marginais em delineamento de experimentos e análise de dados. Essas pequenas melhorias são muitas vezes espúrias dada a natureza aproximada dos modelos usados na análise e porque a parte crítica da inferência estatística é o passo do experimento para o mundo mais amplo, não dos dados para as conclusões do experimento. Os estatísticos envolvidos com a pesquisa agrícola precisam reconhecer e envolver-se mais com a pesquisa científica básica que está conduzindo a novos e melhores métodos de produção de alimentos. A modelagem de sistemas terá um relevante papel, tanto nas pesquisas básicas como na implementação de novas descobertas de pesquisa.

**Pergunta nº 4.** *Como associar a Estatística e os métodos quantitativos à área de ciência e tecnologia?*

**Resposta:** O desenvolvimento da matemática aplicada, particularmente da estatística, tem decorrido da demanda do progresso científico e tecnológico. O fato de que o desenvolvimento da estatística moderna iniciou-se justamente na pesquisa agrícola explica suficientemente a elevada relevância dos métodos estatísticos nessa área de pesquisa. O desenvolvimento da base conceitual e metodológica da pesquisa científica, e, em particular, na pesquisa experimental, de planos experimentais mais apropriados para as circunstâncias de cada experimento, bem como de métodos mais objetivos e eficientes de análise de dados, têm incrementado a velocidade, as possibilidades e a confiabilidade da pesquisa agrícola.

Esse desenvolvimento metodológico tem decorrido, em grande parte, do vasto incremento da capacidade de computação que se tornou disponível a partir da década de 1960. As crescentes facilidades de computação têm permitido aos pesquisadores maiores possibilidades para decisões referentes ao melhor uso dos

recursos disponíveis para a pesquisa; em particular, para planejar melhores experimentos e analisar seus dados mais adequadamente, logrando a exploração mais eficiente da informação provida pelos experimentos.

Esses desenvolvimentos têm tido consideráveis implicações para as atividades do estatístico e dos demais pesquisadores e, em particular, para programas de capacitação e atualização de pesquisadores, incluindo os estatísticos. Sem a apropriada capacitação para a compreensão dos métodos implementados nos “pacotes” de computação, essas poderosas facilidades disponíveis para a análise de dados não poderão ser utilizadas e, se utilizadas incorretamente, poderão conduzir a resultados enganosos.

Como decorrência desse progresso, os pesquisadores e os estatísticos em particular devem mudar atitudes e interesses. Apenas dessa forma poderão incrementar sua contribuição para a pesquisa agrícola e, por consequência, para a agricultura. Caso contrário, adicionarão muito marginalmente às grandes contribuições do passado.

Saliente-se que muito da potencial contribuição da estatística para a pesquisa agrícola depende da mudança de orientação da própria pesquisa. A pesquisa agrícola tem sido muito compartimentalizada e assim continua, apesar dos esforços para a reorientação de seu enfoque. A adoção de resultados da pesquisa obviamente requer que qualquer componente do sistema agrícola que esteja sob exame seja encarado como parte do sistema agrícola global. Frequentemente, as implicações de alterações são muito amplas, de modo que as consequências sociais e econômicas devem ser consideradas em um contexto muito mais amplo do que a parte individual sob pesquisa. Certamente, a estatística tem que oferecer contribuições para o estudo do sistema agrícola global, distintas daquelas que estão disponíveis para a pesquisa de pequenas partes do sistema, relevantes para experimentos individuais. Tais contribuições seriam relevantes para a construção de modelos, para o planejamento de experimentos para teste de modelos e para a derivação de inferências dessas pesquisas.

A estatística é a matemática aplicada ao processo de modelagem que leva em conta a incerteza decorrente da aproximação da realidade através da representação lograda pelo modelo. Entretanto, modelos deterministas continuam a ser usados com utilidade em muitas situações, como, por exemplo, modelos não estocásticos de programação matemática e de simulação. A teoria e a aplicação desses métodos passaram a ter grande desenvolvimento, principalmente a partir da década de 1940. Esses métodos de modelagem têm sido geralmente abrangidos

pelas designações de pesquisa operacional e engenharia de sistemas. A consideração da estrutura estocástica nesses modelos vincula, estreitamente, essas disciplinas com a estatística.

O advento da computação eletrônica, na década de 1940, juntamente com os inventos anteriores da telecomunicação e de instrumentos para observação e registro de propriedades de objetos e eventos, tornou possível a observação, comunicação e manipulação de símbolos. Sua organização sistêmica tornou viável a mecanização do trabalho físico e mental, ou seja, a automação. Desde então, surgiram, também, outras disciplinas relacionadas à matemática aplicada, decorrentes do desenvolvimento da computação eletrônica. Entre elas, a informática, as teorias da comunicação, da informação e da decisão, a cibernética e as ciências do comportamento e da administração.

A utilização da estatística, dessas outras disciplinas e da matemática aplicada em geral tornou-se altamente dependente da informática.

Em particular, as aplicações da estatística na pesquisa agropecuária estão estreitamente relacionadas com as aplicações da informática. Estão relacionadas, também, com a matemática aplicada à modelagem de sistemas, especialmente com a pesquisa operacional. Dessa forma, um programa de capacitação contínua em estatística tem, necessariamente, que estar relacionado com programas semelhantes nestas duas áreas. Entretanto, aqui, tenta-se restringir considerações à capacitação em métodos estatísticos.

**Pergunta nº 5.** *Como deve ser o conhecimento de estatística em uma Instituição de C&T?*

**Resposta:** Questões naturais dizem respeito ao domínio de conhecimento do método estatístico que os pesquisadores nas diversas áreas devem possuir para que possam cumprir suas funções apropriadamente, à demanda de especialistas em estatística nas equipes multidisciplinares de pesquisa, e à organização institucional dessas equipes. Em geral, instituições de pesquisa de países desenvolvidos têm resolvido essas questões de diversas maneiras. Entretanto, elas constituem problemas sérios ainda não solucionados em muitos países em desenvolvimento, como o Brasil, e que têm tido impacto negativo para o desenvolvimento científico e tecnológico desses países. Esses problemas decorrem de deficiência e instabilidade das instituições de pesquisa, objetivos imediatistas que implicam na execução massiva de pesquisas, sem a necessária atenção para sua qualidade e eficácia, falta

de recursos financeiros e falta de profissionais especializados no mercado de trabalho.

A pesquisa científica, desde há muito, é uma atividade coletiva, conduzida por equipes multidisciplinares, formadas por especialistas de diversas áreas; no caso da pesquisa agropecuária, especialistas das diversas disciplinas relacionadas com a agricultura e a pecuária. Para que possam ser eficazes no cumprimento de suas responsabilidades, essas equipes têm que ter o domínio do conhecimento de sua área de atuação. No que diz respeito à estatística, em particular, devem ter condições e capacidade para utilizar os métodos estatísticos mais modernos e apropriados para cada situação particular, incluindo o uso dos recursos exigidos para a implementação desses métodos, como os recursos de computação.

Os pesquisadores especialistas das diversas áreas de pesquisa devem ter domínio de conhecimento da metodologia da pesquisa científica que seja indispensável para a compreensão e a tomada de decisões e de ações referentes aos aspectos usuais do planejamento e da condução das pesquisas sob suas responsabilidades, e para a execução da análise, interpretação e difusão de seus resultados. Esse domínio de conhecimentos deve abranger os métodos estatísticos e os recursos de computação estatística, incluindo os "pacotes" para análise de estatística.

Cabe aos especialistas em estatística a complementação do domínio de conhecimento das equipes de pesquisa, com o conhecimento dos métodos mais sofisticados que demandem capacitação especializada e que requeiram base teórica mais avançada em matemática e estatística. Também compete ao estatístico a capacitação para a execução de estudos e pesquisas visando a adaptação e o desenvolvimento de novos métodos e técnicas.

Esta é a distribuição ideal do conhecimento de estatística pelas equipes de pesquisa. Na realidade, entretanto, ela não ocorre nas instituições de pesquisa brasileiras, pela incompleta formação da grande maioria dos pesquisadores e de muitos estatísticos, e porque as instituições de pesquisa nacionais não contam com profissionais especializados em estatística, ou não os têm em quantidades adequadas.

Dessa forma, um programa de treinamento terá de basear-se nessa realidade das instituições de pesquisa e na realidade brasileira. Parece mais realista buscar a capacitação dos pesquisadores, visando elevar seu domínio de conhecimentos tanto quanto possível, na dependência de sua formação e vocação,

propiciar a capacitação dos novos estatísticos e o aperfeiçoamento continuado dos mais experientes.

Um recurso indispensável na atual situação é a aproximação dos especialistas de universidades para a execução de atividades de consultoria mais especializada, integração de equipes de treinamento e desenvolvimento de pesquisas cooperativas com estatísticos e pesquisadores do SNPA

**Pergunta nº 6.** *Qual é a abordagem científica dos métodos quantitativos?*

**Resposta:** A Ciência visa a aproximação do conhecimento do mundo empírico, isto é, do mundo passível de experiência pelo homem. Seu propósito é aumentar o conhecimento e melhorar a compreensão acerca dos fenômenos, para seu controle e predição, com vistas à melhoria das condições de vida e do bem estar do homem, e seu domínio sobre a natureza.

O procedimento da ciência para a produção do conhecimento é a *pesquisa científica*, ou seja, a investigação crítica e exaustiva, através do método científico, com o propósito de descobrir novos fatos e sua correta interpretação.

O conhecimento científico cresce e se aperfeiçoa por aproximações sucessivas. Cada pesquisa científica, em última instância, é um processo de modelagem aproximada de relações entre características de *sistemas* (fenômenos, processos). Ou seja, da relação entre um conjunto de características que exprimem o desempenho do sistema de interesse (*características respostas*) e um conjunto de características (*características explanatórias*) cujo controle e alteração convenientes possam, supostamente, implicar na melhoria do desempenho do sistema. Essa relação, entretanto, é afetada pelas demais características (*características estranhas*) que interferem no desempenho do sistema. A inevitável presença desse terceiro conjunto de características não pode ser ignorada. O estabelecimento de uma relação determinista é, usualmente, uma representação inadequada da realidade. Uma representação realista demanda a formulação de um modelo estatístico.

Diversos níveis, métodos e abordagens de modelagem alternativos podem ser adotados. A modelagem pode deter-se em partes do sistema, estabelecendo relações separadas entre subconjuntos de características de subsistemas do sistema global, ou abranger o sistema globalmente. Os modelos podem ser físicos ou matemáticos. Os métodos e abordagens podem ser empíricos (fatuais) ou conceituais (formais); podem compreender representações objetivas ou subjetivas

das situações reais, e podem implicar em presença ou ausência de controle da manifestação de características explanatórias. Essas alternativas distinguem os diversos métodos de pesquisa, que, conseqüentemente, diferenciam-se quanto à representatividade e realismo e à confiabilidade de inferências referentes à direção e natureza de relações causais.

Nenhum método de pesquisa satisfaz simultaneamente a esses três critérios desejáveis para uma pesquisa científica. A escolha do método para uma pesquisa particular depende dos propósitos da pesquisa, de seus custos e exequibilidade. Idealmente, uma instituição de pesquisa deveria contar com organização e recursos humanos e materiais necessários para empregar os diversos métodos de pesquisa, conforme apropriado para cada pesquisa particular. Para tal, seria indispensável a formação de equipes multidisciplinares capacitadas e o exercício de atividades interdisciplinares, cooperativas e complementares, dos pesquisadores.

**Pergunta nº 7.** *Como se dá a pesquisa analítica e a pesquisa em sistema, no contexto dos métodos quantitativos?*

**Resposta:** O experimento constitui-se, por muito tempo, no principal e quase único método de pesquisa científica.

O método experimental é usualmente atribuído como inovação promovida formalmente nos tempos modernos pelo filósofo Francis Bacon, no século 17. Entretanto, ele já havia sido popularizado por Roger Bacon, no século 12, e teve origens mais remotas em, pelo menos, Aristóteles, 3 séculos antes de Cristo.

Os conceitos modernos da pesquisa experimental foram desenvolvidos a partir dos trabalhos do estatístico inglês Sir Ronald A. Fisher, entre 1919 e 1930. Ao assumir as funções de chefe de Seção de Estatística da Estação Experimental de Rothamsted, na Inglaterra, Fisher encontrou uma enorme quantidade de resultados de experimentos, acumulados por muitos anos e que demandavam análise e interpretação. Com genialidade, ele criou procedimentos estatísticos para a análise de dados experimentais (análise da variância, por exemplo), os princípios fundamentais da estrutura lógica da pesquisa experimental e os fundamentos matemáticos da inferência estatística. Os primeiros desenvolvimentos dos métodos estatísticos da pesquisa experimental se originaram justamente na experimentação agrícola. Ulteriormente, eles passaram a ter aplicações em todos os campos da pesquisa científica.

O experimento visa à pesquisa dos efeitos de poucas características dos indivíduos de uma população (fatores) sobre características de interesse (respostas), mantendo, convenientemente, tão constantes quanto possível as demais características que não constituam o objetivo do estudo em questão. Desta forma, o experimento é um método de pesquisa analítico, que permite o estudo de problemas simples. O princípio fundamental de sua aplicação à um problema complexo é a decomposição deste em problemas mais simples, factíveis de tratamento experimental.

Esse modo de pensar analítico era coerente com o *princípio do reducionismo* que predominou na “Era da Máquina”. O reducionismo implica em reduzir os fenômenos às suas partes mais básicas (se possível, independente), analisar estas partes como entidades independentes para explicar seus comportamentos e, então, agregar estas explicações parciais como uma explicação do todo.

A questão fundamental é que as partes de um problema complexo são usualmente dependentes. Assim, por exemplo, os fatores que afetam a produção não tem influências independentes sobre a resposta, de modo que a combinação dos níveis ótimos de cada fator isolado não é usualmente ótima. Isto decorre da interação entre os fatores.

Esse fato foi admitido por Fisher quando advogou o uso de “experimentos fatoriais”, argumentando que “a natureza prefere responder questões propostas conjuntamente em vez de questões isoladas”.

A partir da década de 1940, a ciência passou a reconhecer o *princípio do expansionismo*, segundo o qual ganhar a compreensão das partes a partir da compreensão do funcionamento do conjunto é fundamental para o avanço do conhecimento. O expansionismo, contrariamente ao reducionismo, adota o ponto de vista de que os objetos e eventos são partes de todos maiores e enfatiza o todo em lugar das partes, focalizando atenção no sistema como um conjunto de partes ou elementos interrelacionados.

A preocupação com sistemas deu origem ao modo sintético de pensar que caracteriza a “Era dos Sistemas”. Segundo o *enfoque de sistema* (ou *enfoque sistêmico*), partes ou fenômenos a serem explicados são vistos como partes de um sistema maior. A explicação procede, então, em termos de seu papel ou função no sistema maior. Assim o julgamento do comportamento de um sistema não leva em



conta apenas o comportamento separado de cada uma de suas partes, mas, também, o modo como as partes se ajustam e se relacionam entre si, bem como o relacionamento do sistema com seu ambiente e com outros sistemas do mesmo ambiente.

O problema é que, por razões práticas ou mesmo éticas, sistemas complexos não são factíveis de tratamento experimental global. Esse fato resulta em um aparente dilema: para ganhar a compreensão de sistemas complexos a experimentação parece necessária, mas ela usualmente não pode ser conduzida. Dessa forma, novos procedimentos de pesquisa passaram a ser desenvolvidos e adotados.

Dois métodos empíricos de pesquisa originaram-se na pesquisa social e na pesquisa industrial: o estudo de protótipo e o estudo de caso. Estes dois métodos têm semelhanças com o experimento e o levantamento por amostragem, respectivamente.

O *estudo de protótipo* é o método de pesquisa em que o pesquisador monta uma ou poucas unidades de uma população com um conjunto de características escolhidas e segue-as ao longo do tempo, registrando os dados de variáveis relevantes, segundo um plano preestabelecido. O estudo de protótipo tem semelhança com o experimento no que diz respeito ao controle de variáveis explanatórias. Entretanto, não tem as condições do experimento para estudo de relações causais - os efeitos das diversas variáveis estranhas.

No *estudo de caso* o pesquisador escolhe uma (ou poucas) unidades e segue-as ao longo do tempo, registrando os dados de características relevantes, segundo um plano pré-estabelecido. É um levantamento com uma ou poucas unidades, escolhidas propositadamente.

Um método de pesquisa formal originou-se, também, da pesquisa industrial - a *modelagem matemática*. Uma representação (simulação) do sistema é construída através de um modelo conceitual, isto é, um *modelo matemático* que exprime as relações entre as variáveis relevantes. O modelo matemático é montado com base em informações providas por outras pesquisas - experimentos, levantamentos, etc., e mesmo por fontes informais, incluindo opiniões. O modelo é, então, submetido à validação por meio de experimentação numérica e contrastação dos resultados com observações empíricas (obtidas através de experimentos, estudos de protótipos, etc).

Deve ser ressaltado que a pesquisa em sistemas e a pesquisa analítica não são alternativas ou competidoras. Na verdade, uma não pode operar sem a outra. De fato, a melhor forma para obter informação para a melhoria do desempenho de um sistema global é extraí-lo para analisá-lo, na forma que a pesquisa experimental tem feito por muitos anos. Mas, para melhor utilizar os resultados da pesquisa analítica, pode ser conveniente integrar as informações, sintetizando o sistema na forma de um modelo conceitual.

Por outro lado, quando se toma o trabalho de construir o modelo de um sistema, inicia-se a utilizar e aplicar os resultados do trabalho experimental analítico de campo, de laboratório, etc. Na verdade, resulta que tais modelos logo demandam resultados de pesquisa experimental detalhada, cada vez mais.

Na verdade, o método científico é um processo de aquisição de conhecimento circular, composto de fases de análise e de fases de síntese. Comporta uma visão global do problema (síntese), quando este é formulado em certo nível de agregação, e sua partição em elementos (problemas) mais simples passíveis de pesquisa científica (análise). Os resultados obtidos são integrados (síntese), dando origem a novas teorias ou, então, não são capazes de negar a teoria existente. Alternam se, portanto, a visão global e a das partes, numa seqüência infinita.

O início da “Era dos Sistemas” coincidiu com o advento do computador eletrônico digital. O computador, juntamente com os inventos anteriores da telecomunicação e de instrumentos para observação e registro de propriedades de objetos e eventos, tornou possível observar, comunicar e manipular símbolos. Sua organização em um sistema permitiu a mecanização do trabalho físico e mental. Isto é, a automação.

A partir da década de 1940 surgiu, também, um número de disciplinas, algumas delas decorrentes do próprio desenvolvimento da computação eletrônica, que têm contribuído para gerar e ampliar o conhecimento e a compreensão do processo mental, e tem influenciado o avanço extraordinário da ciência e da tecnologia nas últimas décadas. Entre elas, as Teorias da Comunicação, da Informação e da Decisão, a Cibernética, a Pesquisa Operacional, a Engenharia de Sistemas, e as Ciências da Administração e do Comportamento.

Em particular, a Estatística, a Pesquisa Operacional e a Computação - três importantes áreas dos métodos quantitativos - evoluíram extraordinariamente até os

presentes dias. Sua utilização é, naturalmente, mais evoluída e generalizada nos países desenvolvidos.

É importante ressaltar a enorme influência do desenvolvimento da tecnologia da computação sobre os próprios progressos das técnicas e das aplicações da Estatística, da Pesquisa Operacional e de outras ciências e disciplinas quantitativas.

Deve ser ressaltado, também, que o enfoque de sistema e a Pesquisa Operacional surgiram e se desenvolveram principalmente em aplicações na indústria. Na agricultura, os sistemas são usualmente mais complexos, o que torna difícil e trabalhosa a construção de modelos. Já existem exemplos bem sucedidos nesta área, mas ainda resta muito a desenvolver. As principais dificuldades a superar são a falta de pessoal treinado, de recursos, especialmente de computação e, principalmente, de atitude dos pesquisadores.

**Pergunta nº 8.** *Como acontece o enfoque de sistema na pesquisa?*

**Resposta:** A pesquisa científica se fundamenta na aplicação dos princípios do método científico. Assim, é imperativo, na seqüência “síntese-análise-síntese” que caracteriza uma pesquisa particular, definir com que síntese começar, ou seja, como estabelecer o âmbito da pesquisa, e, a partir daí, determinar os tópicos a pesquisar, realizar os trabalhos de pesquisa e, em uma síntese final, incorporar os resultados ao conhecimento existente.

É evidente que a aplicação desses princípios está condicionada aos objetivos que se pretende alcançar. A escolha de um problema é um esforço de abstrair de uma realidade complexa os elementos importantes que constituirão os objetivos da pesquisa. A dificuldade maior nesse processo reside justamente no nível de abstração que, no caso da pesquisa agropecuária, tradicionalmente tem estado preponderantemente influenciado pelo campo de especialização do pesquisador e, por conseqüência, tem estado relacionado com uma determinada doença ou praga, fertilidade do solo, melhoramento genético, práticas culturais, etc. No caso de uma instituição de pesquisa cuja missão é o incremento da produtividade da agropecuária, é recomendável iniciar a definição de problemas de pesquisa em um nível mais agregado e, a partir desse nível, passar a caracterizar os problemas mais específicos que, certamente, estarão em linha com os interesses específicos dos pesquisadores que compõem as equipes multidisciplinares. Este procedimento conduz à elevação da produtividade do trabalho, isto é, à grande

produção de conhecimentos científicos com elevado nível de utilização pelos produtores, dentro de um espaço de tempo mínimo entre a geração e a incorporação de tecnologias rentáveis aos sistemas de produção vigentes.

O ciclo da pesquisa somente é considerado concluído com a incorporação dos conhecimentos gerados aos sistemas de produção postos em prática pelos produtores. É, então, natural que o sistema de produção constitua o nível inicial de agregação e, a partir daí, se parta para níveis de especificidade mais convincentes para a pesquisa que visa à solução dos problemas que limitam o crescimento da produtividade. Partindo de uma idéia mais global do processo de produção, este procedimento aumentará a probabilidade de que o universo de conhecimento gerados pela pesquisa conduza a um maior número de sistemas de produção relevantes aos produtores.

Os sistemas de produção em uso na atualidade devem ser, portanto, o ponto inicial na abordagem da pesquisa. Assim, o trabalho de pesquisa deve iniciar com a sua descrição, que caracterizará os pontos de estrangulamento que entram o aumento da produtividade e que, portanto, devem ser removidos pela pesquisa. Todavia, não é aconselhável que os sistemas em uso se constituam no único elemento de informação. Esforço deve ser feito no sentido de prever sistemas que poderão estar em uso no futuro, pois, se isto não for feito, a pesquisa correrá o risco de não ser relevante, num ambiente onde é elevado o dinamismo da economia.

Mesmo partindo de um nível de definição mais global, na fase de execução a pesquisa é fatalmente analítica e, portanto, dará origem a conhecimentos parciais. Resta, então, ordená-los e integrá-los em sistemas de produção, testar tais sistemas e, finalmente, difundir-los entre os produtores.

É óbvio que muitos resultados parciais de pesquisa têm chance elevada de se encaixarem adequadamente nos sistemas em uso. Tais resultados devem ser divulgados aos produtores para incorporação imediata em seus sistemas de produção, antes da síntese do sistema pela pesquisa. Naturalmente, o sucesso de tal procedimento depende, fundamentalmente, do nível de comunicação entre os pesquisadores e os produtores e do nível cultural destes.

Esse modelo de pesquisa é essencialmente aquele que vem sendo seguido desde o advento do método científico. Apenas o próprio progresso da ciência tem permitido o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de instrumentos e técnicas que têm tido relevante influência sobre o próprio enfoque da pesquisa.

O enfoque de sistema na pesquisa requer a composição de equipes interdisciplinares, organizadas em torno de projetos de pesquisa que visem à solução de problemas específicos e sob a liderança de pesquisadores competentes que cuidem de manter o interesse e a harmonia para o perfeito funcionamento do trabalho em equipe, e estabelecer os canais de comunicação com a comunidade científica, produtores e assistência técnica.

Por essa razão, os centros de pesquisa devem ter o projeto como fundamento do trabalho. As disciplinas científicas devem convergir, de forma harmônica, para os objetivos do projeto. Desta forma, o trabalho dos pesquisadores, embora intimamente ligado à sua especialização deve guardar relação estreita com os sistemas de produção que estão sendo pesquisados. O sistema de produção é a inspiração para o trabalho dos especialistas, e o projeto o instrumento de coordenação do trabalho.

**Pergunta nº 9.** *Situe as atividades de pesquisa no enfoque de sistema?*

**Resposta:** Resumidamente, o enfoque de sistema na pesquisa agropecuária requer três grupos principais de atividades:

- a) experimentação e levantamento por amostragem;
- b) modelagem matemática; e
- c) estudos de casos e estudos de protótipos.

A experimentação e os levantamentos por amostragem são as atividades tradicionais da pesquisa agropecuária. Elas são próprias do trabalho analítico, em oposição àquelas correspondentes aos grupos b e c, que correspondem a estudos de caráter sintético.

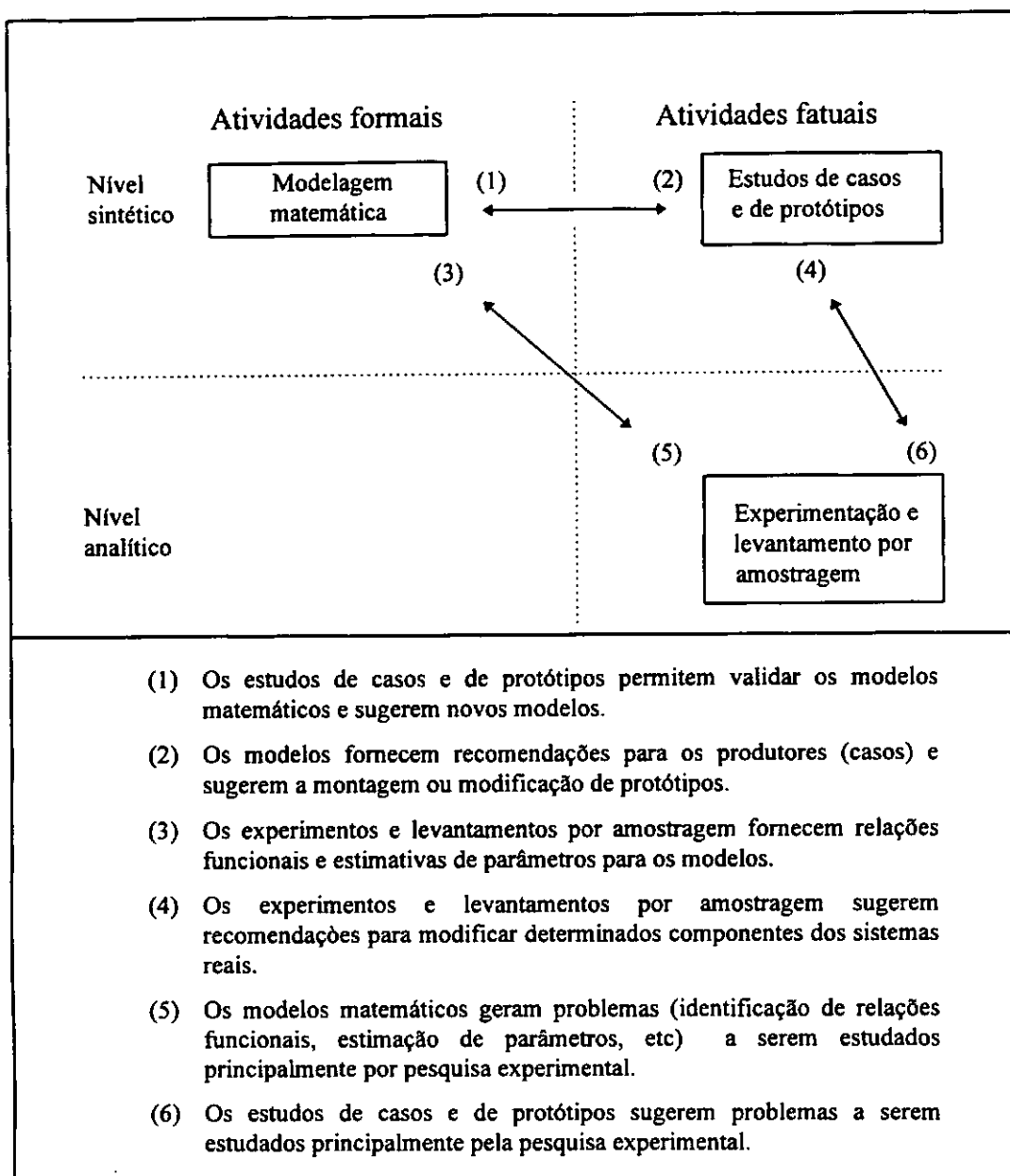
Os modelos matemáticos são de dois grupos principais: modelos de simulação e modelos de programação matemática. O tipo de modelo mais conveniente depende da situação que está sendo estudada e dos objetivos do estudo.

O estudo de caso, originado da pesquisa em ciências sociais, consiste no estudo de todas as características relevantes de um sistema ("caso") com o propósito de uma análise intensiva e detalhada. Um caso pode ser, por exemplo, uma propriedade agrícola, para a qual o produtor proporciona informações confiáveis e dá facilidades de acesso e de estudo aprofundado. O estudo de

protótipo originou-se na pesquisa na indústria. Ao contrário do estudo de caso, onde a unidade a ser observada existe antes da chegada do pesquisador, o protótipo é montado especialmente para o estudo. Assim, por exemplo, um protótipo pode ser uma fazenda instalada pela instituição de pesquisa para simular com realismo um sistema de produção viável, possivelmente incorporando resultados indicados pela própria pesquisa.

O estudo de caso e a montagem de protótipo não constituem métodos de pesquisa no sentido ortodoxo da metodologia científica. Sua importância fundamental para a pesquisa reside,, principalmente, no fato de que eles enriquecem o ambiente de pesquisa, possibilitando a identificação de problemas importantes, fornecendo, informações relevantes para a pesquisa, permitindo o teste de modelos matemáticos e favorecendo o trabalho de pesquisa no enfoque sistêmico.

A figura 2.1 ilustra as principais interrelações entre os três grupos de atividades que caracterizam o enfoque sistêmico. Uma linha tracejada separa o “nível sintético” do “nível analítico”, para indicar que não existe uma fronteira bem definida entre os dois níveis. Eles devem ser considerados apenas com o propósito de localização das diferentes atividades associadas com o enfoque sistêmico na pesquisa agropecuária. Em particular, é importante ressaltar que, se uma instituição de pesquisa utilizar somente experimentação e levantamento por amostragem, não terá nenhuma razão especial para dizer que usa o enfoque sistêmico em oposição ao que tem sido a prática corrente na pesquisa agropecuária. O enfoque sistêmico exige a realização de atividades de nível sintético, combinando as relações existentes entre um grande número de variáveis e usando metodologias - como modelagem matemática e estudos de casos e de protótipos, que começaram a ser aplicados na pesquisa agropecuária em tempos recentes.



**FIG. 2.1. Relações entre os grandes grupos de atividades do enfoque de sistema na pesquisa agropecuária.**

**Pergunta nº 10.** *Como a tecnologia da informação pode apoiar os métodos quantitativos?*

**Resposta:** Na EMBRAPA, as oportunidades para apoiar os métodos quantitativos com a tecnologia da informação se enquadram em pelo menos nove categorias diferentes (ver Figura 2.2), que pressupõem um objetivo predominante de redução de custos, eliminação de tempo, etc...

Impacto	Efeito
Automacional	Eliminação do trabalho humano de um processo
Informacional	Captação da informação com o objetivo de compreensão
Sequencial	Modificar a sequência, ou possibilitar o paralelismo
De acompanhamento	Monitoração rigorosa da situação e objetos da informação
Analítico	Melhorar a análise da informação e tomada de decisão
Espacial	Coordenação da informação à distância
Integrativo	Coordenação entre funções e processos
Intelectual	Captação e distribuição de dados intelectuais
Desintermediação	Eliminação de intermediários da informação

**Figura 2.2** Impacto da Tecnologia da Informação sobre os métodos quantitativos com a tecnologia da informação

A Tecnologia da Informação, através de um Sistema de Informação bem estruturado, que esteja em consonância direta com a reengenharia da informação, resulta em notáveis ganhos de qualidade e produtividade, em qualquer organização.

Isto é esperado na EMBRAPA, à médio e longo prazos, já que, como dito anteriormente, isto não é imediato.

A literatura mostra a lentidão com que são notados os impactos da tecnologia da informação na qualidade e produtividade das empresas.



### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTRO, A. M. G. de et all. 1995. **Aplicação do Enfoque Sistêmico na Gestão de C&T.** Coletânea/Livro. SPI/EMBRAPA. Brasília, DF.
- DAVENPORT, T. H. 1994. **Reengenharia de Processos.** 4ª Edição. Editora Campus. Rio de Janeiro, RJ.
- GOEDERT, W. J. 1995. **Importância dos métodos quantitativos na pesquisa agropecuária sob o ponto de vista do gerente de pesquisa.** Anais do III Encontro de Métodos Quantitativos da EMBRAPA e do SNPA. EMBRAPA/DPD. Brasília, DF.
- SILVA, E. C. da. et all. 1994. **Sistema de Informação.** Gestão em C&T (Livro). SPI/EMBRAPA. Brasília, DF.
- SILVA, E. C. da. et all. 1996. **A Informação e a Tecnologia da Informação na EMBRAPA.** Coletânea/Livro. SPI/EMBRAPA. Brasília, DF
- SILVA, J .G .C. da. 1982. **Métodos Quantitativos na Pesquisa Agropecuária.** Anais do I Encontro de Métodos Quantitativos da EMBRAPA. EMBRAPA/DMQ. Brasília, DF.
- SILVA, J. G. C. da. 1992. **Pesquisa Científica.** Versão Preliminar. Instituto de Física e Matemática UFPEL. Pelotas, RS.