

A IMPORTÂNCIA DOS MÉTODOS QUANTITATIVOS NA PESQUISA AGROPECUÁRIA
SOB O PONTO DE VISTA DO ADMINISTRADOR DE PESQUISA :
O CASO DO CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO

Evaristo Eduardo de Miranda

1. Introdução

O desenvolvimento da ciência moderna esteve até pouco tempo polarizado em dois grandes desafios: o conhecimento do infinito grande ou pequeno. A astronomia e a física, por exemplo, no conhecimento do "infinitamente grande" realizaram através dos telescópios, radiotelescópios e satélites artificiais progressos consideráveis. Quanto ao "infinitamente pequeno", a química, a biologia e outras ciências afins, sobretudo através dos microscópios óticos e eletrônicos, realizaram também progressos nunca vistos no conhecimento celular, ultracelular, molecular e atômico.

Todavia, de uns vinte anos para cá, uma outra grandeza começa a polarizar a preocupação dos homens de ciência: o "infinitamente complexo". A necessidade de tratar os problemas em termos de conjuntos, estruturas e sistemas em interação dominam cada vez mais as diferentes ciências. Isso é particularmente sentido no caso de um centro de pesquisa como o CPATSA que atua numa região onde as interações existentes entre os sistemas ecológicos e os sistemas sociais são extremamente diversificadas, complexas e interdependentes.

Conhecer os problemas enfrentados pelos agricultores dentro desse contexto, gerando técnicas e tecnologias adaptadas a essas situações, é um dos principais objetivos do CPATSA e nesse sentido os métodos quantitativos apresentam um instrumento necessário e indispensável.

2. A Organização do CPATSA e os Métodos Quantitativos

A reorganização da pesquisa agropecuária no Brasil, em que pese a atuação de muitos pesquisadores nesse sentido, é consequência da importância atribuída, a partir dos anos 70, à modernização da agricultura através do processo de desenvolvimento industrial do País, preocupação formulada no I Plano Nacional de Desenvolvimento. Reforça essa evidência a formulação, nesse período,

de toda uma gama de programas visando à modernização da agricultura, através de sua maior integração com o setor industrial.

No Nordeste, a pesquisa agropecuária estava, até então, insuficientemente estruturada e organizada, sobretudo nas regiões semi-áridas. Em que pese as diferentes ações e instituições de pesquisa existentes no Nordeste, a complexidade e a diversidade das interações entre os sistemas sociais e ecológicos no semi-árido, somados à situação de crise quase permanente vivida pelos agricultores da região, levaram a EMBRAPA a criar em 1974 o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA). Seu objetivo é o de executar e coordenar atividades de pesquisa, visando a gerar tecnologias para sistemas de produção economicamente viáveis nas diversas áreas ecológicas no seu campo de atuação.

No CPATSA, como na EMBRAPA, o processo de geração de tecnologias ou de conhecimento é visto como um processo, que nasce num projeto de pesquisa inspirado nos problemas do agricultor e termina no agricultor, quando este incorpora às suas atividades os resultados da pesquisa, aumentando sua renda e produtividade. Dada a insuficiência dos conhecimentos disponíveis até então sobre o semi-árido nordestino e a inadequação das tecnologias disponíveis na solução de seus problemas, o CPATSA possui um modelo organizacional que distingue três fases no processo de pesquisa: a) o levantamento e a definição de problemas que requerem solução através da pesquisa; b) a geração de tecnologia; c) o estudo das interações existentes entre os resultados das pesquisas e sua difusão e adoção nos sistemas agrícolas.

No item b, geração de tecnologia, o essencial dos métodos quantitativos utilizados refere-se ao delineamento e à análise de experimentos (bloco ao acaso, experimentos fatoriais e multi-fatoriais, análises de regressão e correlação, testes de comparações múltiplas e ajustamento de superfícies de resposta). Os princípios desses métodos são conhecidos, clássicos e tradicionais. Sem o excídio desses métodos, como Centro de Recursos, o CPATSA vem desenvolvendo e utilizando diferentes tipos de métodos quantitativos com a finalidade de apoiar a gerência e a execução de pesquisa no que se refere aos itens a e c supracitados.

O próximo capítulo apresentará as razões e a importância desses métodos quantitativos, ilustrando-os com alguns exemplos.

3. Métodos Quantitativos, Gerência e Execução de Pesquisa

Razões, interações e exemplos no caso do CPATSA :

Ao contrário dos centros de pesquisa por produto, um centro de recursos como o CPATSA tem por objetivo a agricultura inserida em um espaço geográfico bem delimitado. Apesar das empresas estaduais terem um espaço geográfico definido, este comporta, na maioria dos casos, apenas uma parte de diferentes regiões ecológicas, sobretudo no Nordeste. Nesse sentido, além de abranger um espaço geográfico delimitado, o CPATSA possui por objeto uma região coerente do ponto de vista ecológico e social: o Trópico Semi-Árido. Compete ao CPATSA conhecer e teorizar essa região globalmente como objeto e objetivo de suas pesquisas.

O Trópico Semi-Árido representa uma área de quase um milhão de quilômetros quadrados e é conhecida como uma das mais heterogêneas do Brasil sob o ponto de vista dos sistemas ecológicos que a caracterizam. Ao contrário do Trópico Úmido ou dos Cerrados, não se trata de uma região pioneira, com fenômenos de abertura de fronteiras agrícolas e colonização. O Trópico Semi-Árido possui uma longa tradição de ocupação humana através de interações complexas com o meio natural. Além do mais, os resultados preliminares do último censo mostram que o Nordeste teria sido a única região onde a população rural cresceu em termos absolutos entre 1970 e 1980.

A sazonalidade e a instabilidade climática somadas à dinâmica sócio-econômica (migrações, êxodo) tornam especialmente complexa a compreensão da agricultura regional e a busca de alternativas tecnológicas a seus problemas.

Diante da impossibilidade de reproduzir-se em campo experimental a infinita complexidade de situações agrícolas existentes no meio rural do Trópico Semi-Árido brasileiro, o levantamento e a solução dos problemas que limitam a produção e a produtividade colocam as seguintes exigências à pesquisa agropecuária:

- A necessidade de uma abordagem metodológica capaz de traduzir e explicar a complexidade das interações existentes entre os sistemas ecológicos e sociais, evitando confundir complexidade com complicação, já que esta última pode ser reduzida e ordenada.

- A complexidade que impõe a impossibilidade de simplificação exige princípios de explicação que integrem tanto a ordem de fenômenos (leis, de terminismos, regularidades, médias) quanto a desordem (o irregular, o aleatório,

o indeterminado, o incerto, o desviante),

- A dimensão e a natureza dos problemas a serem estudados no Trópico Semi-Árido, extremamente vastos e diversos, exigem:

- . o tratamento de uma grande quantidade de dados;
- . o estudo de grandes regiões geográficas;
- . uma certa unidade e compatibilidade nos métodos empregados;
- . metodologias de síntese;
- . a extrapolação de resultados.

Essas exigências podem ser atendidas combinando-se técnicas modernas de obtenção e tratamento de dados com métodos quantitativos adequados a cada caso, através de equipes pluridisciplinares.

A administração e a execução da pesquisa agropecuária que deve, ainda mais na nova estrutura programática da EMBRAPA, agir por objetivos concretos tem nos métodos quantitativos um instrumento inestimável de gestão e ação. Uma ilustração sucinta dos aspectos supracitados será apresentada a seguir através do exemplo de alguns projetos de pesquisa, pertencentes ao Programa Nacional de Pesquisa "Avaliação dos Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Trópico Semi-Árido" (PNP 027/CPATSA-EMBRAPA).

1. Climatologia e meteorologia aplicada

Problema essencial para região semi-árida, a questão climatológica vem sendo objeto de vários projetos de pesquisa onde os métodos quantitativos têm um papel essencial.

- Modelização de risco climático

Em colaboração com o Departamento de Métodos Quantitativos da EMBRAPA (DMQ), o projeto "Análise do risco climático para as principais culturas do Trópico Semi-Árido" (PNP 027,80005) elaborou um modelo de balanço hídrico capaz de definir também uma expectativa de safra para as culturas em função das datas de semeadura, de um estudo das séries pluviométricas diárias e de outras variáveis.

- Variabilidade espaço-temporal das chuvas

A extrema variabilidade das precipitações foi estudada do ponto de vista da flutuação espacial, numa região de 40.000 km² do semi-árido nordestino. Após demonstrar que essa variabilidade não era aleatória, através de regressões múltiplas, foi possível a definição de uma equação capaz de estimar as precipitações anuais para qualquer ponto da região, partindo-se unicamente de

sua localização espacial. Os mesmos métodos foram aplicados com sucesso para todo o Estado do Piauí, tanto para os dados anuais como mensais. Essas ações de pesquisa estão sendo desenvolvidas pelo projeto "Determinação dos padrões de distribuição espaço-temporal das precipitações no Trópico Semi-Árido" (PNP 027.800069) que deverá tratar agora do conhecimento da variabilidade temporal das chuvas.

- Homogeneização de dados pluviométricos

Dadas as falhas existentes nos dados pluviométricos existentes, antes de utilizá-los é necessário criticá-los e homogeneizá-los. Através do "Método do Vetor Regional" foram detectados erros e anomalias nas séries observadas relativas a 205 postos do Estado do Piauí e cerca de 250 postos dos Estados limites. Esse método permite estimar, para os períodos duvidosos detectados, qual deveria ter sido a precipitação observada e a simulação de uma série de 65 anos para o conjunto dos postos estudados.

- Análise e tratamento automático de dados meteorológicos

O CPATSA tem sob sua responsabilidade 3 estações meteorológicas completas onde é realizado um grande número de medidas diárias. Está sendo elaborada uma série de programas, em FORTRAN, com vistas a permitir análises rápidas dos dados, sua estocagem corrigida e um tratamento automático com vistas à edição de um boletim meteorológico, com a colaboração do DMQ.

2. Estudos de flora e vegetação

O conhecimento das comunidades vegetais que constituem a caatinga e a determinação das principais variáveis ecológicas que regem suas composições taxonômicas vêm sendo o objetivo de projetos de pesquisa nas áreas de fitoecologia e botânica. Dentre eles destacam-se, pela aplicação de métodos quantitativos, os projetos "Diagnóstico e prognóstico fitoecológico aplicado ao zoneamento fitoecológico da região de Ouricuri" (PNP 027.80.0168) e "Avaliação dos recursos pastoris da região de Ouricuri" (PNP 027.81.0035). Foram construídos e testados formulários de levantamento da vegetação e do meio pré-codificados para permitirem um tratamento informatizado dos dados obtidos. A primeira campanha de levantamento está sendo concluída e os dados obtidos deverão ser objeto de dois tipos de tratamentos: globais ou multivariáveis (em particular a análise fatorial de correspondência) e analíticos através de aplicações da Teoria Matemática da Informação (noções de entropia, de informação mútua entre espécies e variáveis). Esses tratamentos, se concretizados, deverão permitir a

identificação e a caracterização de grupos e grupamentos vegetais.

3. Estudos de populações e povoamentos faunísticos

O projeto "Avaliação da herpetofauna e de suas relações com a agricultura na região de Ouricuri" (PNP 027.80.0028), após pré-codificar um formulário de levantamento zo ecológico e aplicá-lo, procedeu, através do pacote SAS no DMQ/Brasília, a uma série de análises de frequência de populações anuais. Esse tratamento permitiu a construção matemática de perfis ecológicos de 38 espécies e uma primeira análise da distribuição espacial das populações. Esses estudos poderão, com o apoio do DMQ, chegar progressivamente à modelização da dinâmica das populações e à análise da estrutura dos povoamentos (modelos demográficos).

4. Ecoteca do Trópico Semi-Árido

Arquivo e gestão de fichários ecológicos

Um dos projetos em realização no CPATSA intitula-se "Estrutura de uma ecoteca do Trópico Semi-Árido" (PNP 027.81.0019) e tem por objetivo reunir toda informação disponível sobre a flora, fauna e meio ambiente da região, não só através de dados mas conjugando-os com a constituição de coleções físicas (herbário, carpoteca, insetário, micoteca etc.). Espera-se poder definir com o DMQ, em função do *logiciel* informático disponível, métodos para codificar, estocar e sobretudo tratar de uma forma assistida ou automática - esse conjunto de informações. A ecoteca poderá prestar apoio ao conjunto do sistema cooperativo de pesquisa regional na identificação de espécies, fornecimento de amostras e informações, relativos aos recursos naturais da região.

5. Sistema de informação e documentação interno

O CPATSA possui uma das grandes bibliotecas do sistema EMBRAPA. Os pesquisadores beneficiam-se do acesso a vários sistemas nacionais e internacionais de pesquisa bibliográfica. Todavia a consulta do acervo da biblioteca nesse sentido não é suficientemente operacional. O projeto de pesquisa "Definição de um sistema de informação e documentação para os recursos naturais do Trópico Semi-Árido" (PNP 027.81.0027), apoiando-se na numeração utilizada pelas bibliotecárias para classificarem os documentos e combinando-a com uma análise de palavras chaves, se propõe a definir um sistema simples de documentação automatizada para os pesquisadores. A título de ensaio, o sistema está sendo estudado para os documentos naturais.

6. Sistemas e estruturas de produção

O projeto de pesquisa "Sistemas e estruturas em pequenas e médias propriedades da região de Ouricuri" (PNP 027.80.0176) vem acompanhando os campos de cerca de 80 pequenas propriedades agrícolas. Uma matriz com cerca de 40 variáveis é constituída para cada campo estudado com vistas a conhecer o nível e a variabilidade dos rendimentos culturais, explicando-os em termos de interações clima/solo/planta/técnicas culturais.

Vários trabalhos já foram concluídos e publicados baseados no estudo das equações de rendimento e também na aplicação da análise discriminante a essas equações. No que se refere ao êxodo rural, um estudo da aplicação da análise multivariada está sendo concluído com vistas a hierarquizar e classificar os principais fatores do êxodo rural.

7. Teledeteção espacial ou aerotransportada

Com o advento dos satélites espaciais, sobretudo os voltados para a avaliação de recursos naturais e meteorologia, é possível utilizar-se essas técnicas, relativamente complexas, como instrumento complementar de pesquisa e planejamento. No caso de um centro de pesquisa como o CPATSA, que tem como objeto de estudo a agricultura de um espaço bem delimitado, o Trópico Semi-Árido, a teledeteção espacial é particularmente interessante por 3 razões principais:

- permite uma visão sincrônica dos sistemas ecológicos de regiões muito vastas e variadas;
- permite estudos diacrônicos sobre a evolução desses sistemas ecológicos;
- através de medidas de luminância diferenciadas e/ou combinadas, permite a distinção de alvos vinculados ao solo, à água e à vegetação através de suas assinaturas espectrais.

O Satélite LANDSAT

O tratamento de imagens do satélite LANDSAT está sendo realizado pelo projeto de pesquisa "Estudo sincrônico e diacrônico dos principais sistemas ecológicos do Trópico Semi-Árido através da teledeteção espacial" (Projeto 027.80.0135). Atualmente no CPATSA só é possível o tratamento visual das imagens. O tratamento digital (cada imagem LANDSAT tem 230 megabits) e o desenvolvimento do *software* correspondente vem sendo objeto de colaboração com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e deverá progredir em função

do *logiciel* informático do CPATSA.

Satélite GOES

O satélite meteorológico geo-estacionário GOES envia a cada 30 minutos uma imagem do conjunto das Américas e parte dos oceanos Atlântico e Pacífico. O CPATSA vai tentar utilizar parte das imagens desse satélite para estimar a radiação solar e sua variabilidade na região semi-árida do Brasil. Normalmente, o sinal recebido pela antena de São José dos Campos é transferido para uma base fotográfica. Todavia um acordo estabelecido com o INPE deverá permitir a gravação em fita de parte da imagem para tratamento digital posterior. Além dos problemas ligados à elaboração de modelos matemáticos para centragem e navegação na imagem, que estão sendo concluídos pelo INPE, essa pesquisa implica no desenvolvimento de programas capazes de avaliar a insolação em função da cobertura de nuvens, estabelecendo uma relação entre a insolação e a radiação. Essa relação deverá posteriormente ser aplicada nas diversas equações e modelos existentes para estimativa da evapotranspiração potencial, permitindo assim - através de dados pluviométricos - um conhecimento circunstanciado da flutuação do balanço hídrico e da ocorrência de secas na região. Esse trabalho está sendo realizado pelo projeto "Avaliação das flutuações espaço-temporais do déficit hídrico no Trópico Semi-Árido utilizando técnicas de teledeteção espacial" (PNP 027.81.0217).

Teledeteção aerotransportadora

As coberturas aerofotogramétricas disponíveis no Nordeste têm sido objeto de uma exploração quase que exclusivamente visual. Todavia, através de análise fotodensitométrica, é possível uma utilização muito mais ampla desses documentos. Enquanto nas fotos pancromáticas o olho humano só distingue cerca de 11 tons de cinza, entre o branco e o preto, através de métodos quantificados de leitura espectral é possível a distinção de cerca de 40 tons em função da aparelhagem disponível, discriminando assim uma série de fenômenos e objetos de interesse.

O projeto de pesquisa onde se está preparando o desenvolvimento desse tipo de técnica e métodos associados se intitula "Caracterização morfopedológica dos meios físicos da região de Ouricuri-PE" (PNP 027.80.0044).

8. Caracterização e manejo de bacias hidrográficas

A caracterização de uma bacia hidrográfica representativa está

sendo realizada pelo projeto "Avaliação dos recursos hídricos superficiais de Ouricuri" (PNP 027.80.0119). Métodos quantitativos estão sendo definidos para a manutenção e o tratamento dos dados hidrometeorológicos obtidos na área de estudo. Muitos programas, já existentes sob forma de "pacotes", para o tratamento das interações água/solo/planta deverão ser utilizados na caracterização da bacia. Essa caracterização deverá permitir a construção de modelos de simulação para diversos parâmetros que poderão ser aferidos por experimentações com simulador de chuva. Também na avaliação dos recursos hídricos superficiais existentes sob forma de açudes e barragens um tratamento digital de imagens satélite será eventualmente utilizado.

9. Modelos de planejamento e manejo dos recursos naturais e sócio-econômicos

O conjunto dos projetos existentes na região de Ouricuri, pelo fato de terem a mesma localização geográfica, servirão à construção de um modelo de simulação e de ajuda à decisão de caráter econômico. Aplicando a teoria de tensores, esse modelo resultará de uma operação entre dois conjuntos de matrizes: um constituído pela ocupação atual das terras e outro pelas potencialidades de utilização do espaço. Este tipo de modelo informa, sob vários cenários, a evolução do emprego, a geração de excedentes, a ocupação do espaço etc. O fato de não se ter atualmente a linguagem APL no mini-computador do CPATSA limita a utilização dos programas disponíveis.

4. Conclusão

Os métodos quantitativos são um instrumento indispensável à administração e à execução de projetos de pesquisa no caso de um Centro de Recursos como o CPATSA, que tem por objetivo a agricultura de uma grande região, extremamente diversificada do ponto de vista das interações existentes entre os sistemas ecológicos e sociais.

Todavia, sobretudo na área de avaliação de recursos naturais e de identificação dos fatores que limitam a produtividade e a produção animal e vegetal, esses métodos devem ser conjugados com a aplicação de técnicas modernas de obtenção e tratamento de dados através de equipes pluridisciplinares qualificadas. Só assim o Centro poderá cumprir sua missão regional, executando e coordenando a pesquisa agropecuária e prestando apoio metodológico e logístico às unidades estaduais e ao conjunto do sistema de pesquisa e extensão rural.

Finalmente, os métodos e as técnicas devem ser permanentemente guiados e definidos por uma perspectiva teórica que aceite a complexidade do objeto do conhecimento e do sujeito que conhece. Nesse sentido, nem a técnica nem os métodos podem separar o conhecimento da natureza da natureza do conhecimento.