

TECNOLOGIA AGRÍCOLA PARA O TRÓPICO SEMI-ÁRIDO: ANÁLISE DO PROCESSO DE GERAÇÃO DE TECNOLOGIA¹

EVARISTO EDUARDO DE MIRANDA² e
MÁRCIO BARTOLOMEU ALVES SILVA³

RESUMO - Expõem-se métodos de obtenção e aplicação de dados desenvolvidos na região de Ouricuri, PE, para descobrir as causas limitantes da produtividade das culturas no Trópico Semi-Árido. Estes métodos permitem avaliar os níveis e a variabilidade dos rendimentos das culturas anuais para amostra de propriedade resultantes da estratificação agroecológica e sócio-econômica. Pela análise das interações clima/solo/planta/técnicas culturais, são propostos os meios para hierarquizar os principais fatores limitantes da produtividade. São comentadas as condições históricas em que ocorreu o progresso técnico-científico brasileiro e suas implicações sobre a inadequação de grande parte da tecnologia gerada para o Trópico Semi-Árido. São apresentados resultados referentes ao caupi (*Vigna unguiculata* Walp) e conclui-se pela necessidade de consolidar a integração agronomia/economia na análise do processo de geração, difusão e adoção de tecnologia agrícola.

Termos para indexação: caupi, produtividade, difusão, Nordeste.

AGRICULTURAL TECHNOLOGY FOR THE SEMIARID TROPIC: AN ANALYSIS OF THE TECHNOLOGY GERATION PROCESS

ABSTRACT - Several procedures for collection and processing of data to evaluate limiting factors affecting crop production in the Semiarid Tropic Brazil, are shown. These procedures allow the evaluation of levels and variability of annual crop yields to sample farms resulting from agroecological and socioeconomic stratification. From the analyses of the soil/plant/climate/management interactions methods are proposed to order by hierarchy the principal factors limiting crop productivity. Comments are made on the historical conditions that determine technical and scientific advances in Brazil and its implications on the unsuitability of a large part of the technology developed for the Semiarid Tropic. Results related to cowpea (*Vigna unguiculata* Walp) are presented and it is concluded on the need to integrate agronomy and economy to evaluate the process of transfer and adoption of technology.

Index terms: cowpea, productivity, technology dissemination. semiarid Northeast.

¹ Aceito para publicação em 30 de março de 1982.

² Doutor em Ecologia, Pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) – EMBRAPA, Caixa Postal 23 – CEP 56300 – Petrolina, PE.

³ Doutor em Economia, Técnico da Secretaria da Fazenda de Pernambuco, Rua do Imperador s/nº – CEP 50000 – Recife, PE.

INTRODUÇÃO

O crescimento da produção agropecuária no Nordeste do Brasil, particularmente, na sua região semi-árida, tem resultado da incorporação de novas áreas de forma que os rendimentos físicos por unidade de área têm, em regra, se mantido constantes (Soares 1975). Constata-se, por outro lado, que esta região apresenta uma baixa taxa de adoção de novas técnicas produtivas. Diante desta relação, vários trabalhos têm sido desenvolvidos com o objetivo de identificar as razões para a pequena utilização de tecnologias modernas pelos agricultores de várias regiões.

Paiva (1971), referindo-se aos fatores que as análises convencionais feitas sobre o processo de adoção e difusão de tecnologias identificam como determinantes deste processo, acrescenta a existência de um custo objetivo de transferência enfrentado pelos agricultores para substituir as técnicas tradicionais pelas modernas e um mecanismo de autocontrole que funcionaria como um freio à expansão de novas técnicas. Frederick (1975), analisando as alternativas tecnológicas no Nordeste brasileiro, conclui que, para as regiões do Agreste e do Sertão, as técnicas usadas pelos agricultores mostram-se mais rentáveis que as técnicas novas consideradas no trabalho como alternativas tecnológicas. Fiorentino (1976), ao fazer uma avaliação de vários estudos relevantes sobre o processo de mudança tecnológica na agricultura brasileira, assinala, a título de conclusão, a pequena importância que a maioria dos trabalhos desenvolvidos atribuem a uma avaliação detalhada da adequação do produto "tecnologia agrícola" às condições vigentes na agricultura brasileira.

Não obstante a contribuição que vários trabalhos aportam a um melhor conhecimento do processo de adoção e difusão de novas tecnologias nas regiões estudadas por seus autores, um fato a destacar é que pouca atenção tem sido dada ao processo de geração destas tecnologias. Em outras palavras, estes trabalhos pressupõem a existência de tecnologias alternativas sem aprofundarem a questão da adequabilidade destas tecnologias às condições agroecológicas e sócio-econômicas das regiões estudadas. O fato de considerar a tecnologia como variável exógena em relação ao sistema constitui uma das principais limitações destes trabalhos⁴. Daí a insuficiente atenção prestada ao fato de que grande parte da tecnologia moderna "disponível" aos agricultores de várias regiões

⁴ Hayami & Ruttan (1980) elaboraram um modelo explicativo para o processo de geração de tecnologia, modelo este retomado por Piñero & Trigo (1977), os quais introduzem novos elementos visando explicar o mencionado processo na forma como ele efetivamente ocorre nos países latino-americanos. Silva (1980) procura mostrar a insuficiência destes modelos para explicar o processo de mudança tecnológica na região semi-árida do Estado de Pernambuco.

é produzida no Exterior - não obstante as tentativas de adaptações às condições locais - e reflete, portanto, as condições econômicas e sociais dos países onde elas são produzidas. Assim é pouco provável que estas análises possam avaliar todas as implicações resultantes da importação de tecnologia sobre o processo de adoção e difusão, principalmente, quando se trata de regiões como o semi-árido nordestino, em vista de suas particularidades agroecológicas e sócio-econômicas.

Reconhece-se que, em parte, os trabalhos mencionados refletem a maior ou menor adequabilidade das novas tecnologias aos sistemas de produção considerados, na medida em que a rentabilidade destas novas tecnologias dependem da produtividade física alcançada com o uso de novas técnicas quando comparada com a das tradicionais. Entretanto, é de fundamental importância que se conheçam previamente as razões, do ponto de vista agrônomo da baixa produtividade agrícola dos sistemas produtivos existentes em determinada região, a fim de avaliar a disponibilidade efetiva destas novas técnicas. Note-se que a identificação das causas agrônomicas da baixa produtividade agrícola somente podem ser conhecidas (satisfatoriamente) ao nível dos sistemas produtivos reais. A utilização nas análises sobre o processo de adoção de tecnologia dos resultados de pesquisa obtidos em estações experimentais torna, por conseguinte, as conclusões destas análises bastante limitadas. Daí, a necessidade, para um melhor conhecimento do processo de mudança tecnológica na região semi-árida do Nordeste, de análises que esclareçam as razões da escassa disponibilidade de tecnologias adequadas às condições agroecológicas e sócio-econômicas desta região, assim como de métodos de análise agrônoma que, partindo dos sistemas de produção reais identifiquem as verdadeiras razões (agrônomicas) da baixa produtividade agrícola⁵.

Determinantes da inadequação da tecnologia "disponível" para a região semi-árida

A forma como ocorre o desenvolvimento científico-tecnológico de um país reflete as condições em que se processa o seu desenvolvimento global. As estruturas econômico-sociais brasileiras, definidas historicamente pela forma e natureza das relações estabelecidas entre o Brasil e os países capitalistas mais avançados, condicionaram, certamente, o desenvolvimento científico-tecnológico brasileiro.

O desenvolvimento tecnológico da agricultura européia realizou-se, até o século XVIII e, em parte, até o século XIX, através de técnicas agrícolas desenvolvidas pelos próprios agricultores. A contribuição da

⁵ O presente trabalho está voltado, sobretudo, para o segundo objetivo.

ciência à agricultura foi praticamente nula nesse período, o que se traduziu no fato de que os primeiros agrônomos tinham na comparação dos conhecimentos produzidos por agricultores de diferentes regiões a principal fonte de contribuição ao progresso agrícola. Conforme observa Sigault (1975), é a esta escola tecnológica que os agricultores flamengos, depois ingleses, escoceses e escandinavos, devem o progresso que os tornou célebres nos séculos XVII e XVIII.

Note-se que o desenvolvimento agrícola europeu resultou de um longo processo de invenções acumuladas, tais como, os instrumentos agrícolas mais simples e os conhecimentos adquiridos com vistas a aperfeiçoar o processo produtivo agrícola e animal: rotação de culturas, melhoramento animal através de métodos simples etc.

É a partir dos séculos XIX e XX que a ciência vai prestar uma grande contribuição à agricultura com o progresso feito na biologia, química orgânica e mineral e genética. Duas características desta nova fase do desenvolvimento científico-tecnológico na Europa devem ser ressaltadas. A primeira é que, com o advento da ciência moderna e sua aplicação à agricultura, o desenvolvimento tecnológico agrícola baseado nas experiências dos agricultores perderia sua dinâmica. É o grande período da agronomia normativa, conforme observa Sigault (1975). A outra é que a tecnologia agrícola resultante da aplicação da ciência será desenvolvida, sobretudo, pelo setor industrial.

No Brasil, ao contrário do que ocorreu na Europa, o desenvolvimento tecnológico — resultante ou não da aplicação da ciência — assim como o desenvolvimento da própria ciência, foi limitado pelas condições em que se desenvolveu o processo de colonização: a apropriação de grandes extensões de terra visando a produção de mercadorias para o mercado externo. Uma das implicações deste processo é que a acumulação capitalista se faz, sobretudo, ao nível do comércio, o que provoca um desenvolvimento mais lento das forças produtivas. Ressalte-se, também, que, no Brasil, não houve condições para que um longo processo de invenções acumuladas, possibilitando a obtenção e o aperfeiçoamento de instrumentos de trabalhos e novas técnicas, ocorresse, tal qual se verificou na Europa nos séculos XVII e XVIII.

Estas considerações permitem observar que a agronomia moderna desenvolvida na Europa voltava-se para as necessidades próprias de suas agriculturas, para o que contou com o seu conhecimento pré-científico. Por sua vez, a tecnologia agrícola que passou a ser desenvolvida pelo setor industrial, com mais razão ainda, refletia as condições agroecológicas e sócio-econômicas dos países onde passou a ser produzida. Enquanto o conhecimento científico caracteriza-se pela sua universalidade, a tecnologia era desenvolvida visando resolver problemas concretos com

características específicas às suas próprias regiões. Resulta destas observações que a possibilidade de utilização da tecnologia desenvolvida em um país ou região, por outros países ou regiões, depende, em grande parte, da maior ou menor semelhança de suas condições sócio-econômicas e agroclimáticas.

O projeto de industrialização brasileiro intensificado, principalmente, a partir da década de cinquenta, vai se basear na crença de que o país podia contar com as vantagens da utilização do conhecimento tecnológico que as sociedades industriais haviam acumulado ao longo de seu processo de desenvolvimento. Este posicionamento terá grande influência sobre o desenvolvimento tecnológico brasileiro e, em particular, na geração de tecnologia para a agricultura, dadas as especificidades deste setor.

Implícita nesta crença estava a idéia de universalidade científica e da neutralidade tecnológica. É a partir desta hipótese que as ações do Estado no domínio da ciência e da tecnologia vão se orientar para a formação de recursos humanos com vistas a viabilizar internamente a tecnologia estrangeira.

Após os anos quarenta, a aplicação da ciência à agricultura havia sido bastante explorada nos países capitalistas mais avançados. Todavia estes conhecimentos científicos, uma vez adquiridos pelos pesquisadores brasileiros formados no Exterior, não estavam dissociados das mercadorias que resultavam de sua aplicação. Na medida em que, no Brasil, uma articulação entre os institutos de pesquisa e os setores produtivos industriais e agrícolas não se estabeleceu de forma adequada, as atividades de pesquisa se voltam para a adaptação de tecnologias produzidas no Exterior às condições locais.

É necessário reconhecer, entretanto, que a tecnologia se desenvolve na perspectiva da resolução de um problema concreto em uma situação particular. Contrariamente ao procedimento técnico, a racionalidade científica é geral e abstrata. Daí, o fato de que os benefícios de uma tecnologia intensiva, do tipo revolução verde, não são acessíveis senão aos produtores agrícolas cujas condições de produção permitem sua introdução. Isto em detrimento daqueles que se localizam em regiões onde as condições agroecológicas e as características de suas explorações limitam o emprego deste tipo de tecnologia, como é o caso da região semi-árida nordestina.

Por outro lado, grande parte das tecnologias adotadas pelo setor agrícola são produzidas pelo setor industrial: máquinas e implementos agrícolas, insumos modernos, adubos químicos etc. De fato, são as empresas multinacionais que produzem, em geral, estas mercadorias. Na medida em que a intensificação do programa de formação de recur-

soos humanos para o desenvolvimento científico-tecnológico no Brasil ocorre num momento em que vários problemas agrônômicos haviam sido já resolvidos através das tecnologias mencionadas, os pesquisadores brasileiros treinados nos países onde se produziam estas tecnologias sofreriam, certamente, as influências resultantes destas situações. Em outros termos, as respostas aos problemas causados pelas pragas, doenças, ervas daninhas, assim como aqueles concernentes à fertilidade dos solos, já estavam dadas, em princípio, pelas tecnologias existentes. A questão portanto era aprofundar os conhecimentos científico-metodológicos que possibilitassem uma melhor utilização (adaptação) destas tecnologias às condições locais.

Este processo deverá se refletir na forma de como os problemas agrícolas serão captados pelos pesquisadores. Em lugar de identificar os problemas da baixa produtividade agrícola através de uma análise agrônômica desenvolvida a partir dos sistemas produtivos reais, onde as restrições sócio-econômicas também seriam consideradas, a pesquisa agrônômica orientou-se, sobretudo, no sentido de avaliar os resultados de novas técnicas agrônômicas e insumos agropecuários. Implícita nesta orientação estava a idéia de que a tentativa de reproduzir as condições de produção dos agricultores nas estações experimentais constituía alternativa metodológica mais viável e que as diferentes técnicas testadas nos experimentos refletiam os verdadeiros problemas agrícolas enfrentados pelos produtores. Não obstante se reconheça uma certa capacidade que têm os pesquisadores de captar alguns dos problemas agrícolas das regiões onde eles atuam, não há dúvidas quanto às limitações do procedimento mencionado, devido, entre outras razões, à diversidade ecológica do espaço rural. Em se tratando da região semi-árida nordestina, estas limitações são agravadas pelo fato de que suas condições agroclimáticas e sócio-econômicas restringem, em princípio, o uso de grande parte da tecnologia moderna.

Convém chamar a atenção para o fato de que a inadequação da tecnologia resultante do processo até então analisado, não deve ser atribuída apenas às ações desenvolvidas pelo sistema de pesquisa agropecuária. Haja vista que grande parte da tecnologia agropecuária é produzida pelo setor privado, sobretudo estrangeiro.

Assim, segundo a correta observação de Yudelman (1974), uma importante questão do ponto de vista tecnológico é "de saber quais são as relações que existem entre, de uma parte, as idéias dos fabricantes em matéria de rentabilidade das vendas e, de outra, o fato de exportar para os países em desenvolvimento a tecnologia utilizada pelos países desenvolvidos em lugar de elaborar uma especialmente concebida para estes últimos". Conforme a pesquisa feita por este autor, o mercado de trato-

res nos países em desenvolvimento não era senão um prolongamento daqueles dos países desenvolvidos. Ele observa que para os fabricantes a concepção de uma unidade mecânica e dos acessórios apropriados, a um baixo preço, não constitui um obstáculo á produção deste tipo de equipamentos. O que limita a produção em série dos tratores é, segundo informações colhidas junto a alguns fabricantes, de uma parte, o encarecimento do produto devido ao custo de uma larga distribuição e, de outra, os riscos elevados que correm os fabricantes em razão das características dos compradores eventuais de pequeno material — os pequenos produtores. No caso da indústria agroquímica, o problema se coloca quando os produtores devem responder a problemas específicos de culturas que predominam em regiões pouco desenvolvidas, as quais são, em regra, produzidas por pequenos produtores.

Embora os sistemas de pesquisa agrícola local possam realizar as pesquisas que se fazem necessárias para a posterior produção de determinado insumo agropecuário, a decisão de fabricar os produtos depende de que o setor agroindustrial a estime rentável.

Percebe-se, portanto, a importância de um método de análise agrônômica que identifique os reais problemas da agricultura do semi-árido nordestino, de forma a orientar o desenvolvimento de pesquisas visando soluções específicas. Estas pesquisas devem se traduzir em novas técnicas agrônômicas, de acesso mais fácil aos agricultores, ou em subsídios à indústria nacional com vistas à produção de insumos agropecuários que se tornarem necessários à solução de problemas identificados.

A criação da EMBRAPA e a nova orientação para a pesquisa agropecuária na região semi-árida do Nordeste

Até os anos 70, a preocupação prioritária do Governo foi o desenvolvimento industrial. A ausência de maiores esforços na área da pesquisa agropecuária indicava que a falta de mudanças tecnológicas significativas nesse setor não constituía um obstáculo ao processo de acumulação de capital, centrado no setor industrial (Nicholls 1975).

Com a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária — EMBRAPA, em dezembro de 1972, o Governo brasileiro intervém, de modo decisivo, na coordenação e na promoção da pesquisa agropecuária, até então realizada por várias instituições públicas e privadas.

Essa reorganização da pesquisa no Brasil, em que pese à 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 formu-

lada claramente no Primeiro Plano Nacional de Desenvolvimento. Reforça essa evidência a formulação, nesse período, de toda uma gama de programas de alcance visando a modernização da agricultura, através de sua maior integração com o setor industrial.

As ações lançadas pelo Governo central no período, com vistas a desenvolver as tecnologias agrícolas, inserem-se em diretrizes mais amplas definidas para a política nacional em ciências e tecnologia (Carvalho 1979).

Visando atingir esses objetivos, propôs-se a reestruturação do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) e a criação do Fundo Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDC) em 1969. O FNDC tornou-se o principal suporte financeiro do Primeiro Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. A publicação do plano ocorre no momento em que a política científica e tecnológica já dependia do Ministério do Planejamento, hoje SEPLAN, e do Conselho Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico, transformado em Fundação em 1974.

Assim, a EMBRAPA, órgão responsável pela execução e pela coordenação da pesquisa agropecuária em todo o território nacional, deve, apesar das especificidades do setor agrícola, alinhar-se às diretrizes gerais da política nacional para a ciência e a tecnologia. Antes da criação da EMBRAPA, o sistema de pesquisa agropecuária existente seria incapaz de assumir esse papel.

"A EMBRAPA foi idealizada e tem sido estruturada e implantada com a clara finalidade de buscar soluções para os problemas do agricultor brasileiro" (Blumenschein 1978). Todavia a questão fundamental é a de saber quais os princípios que definem, hoje, o nível e a forma de participação do setor público e privado no processo de geração de tecnologia agrícola, independentemente das questões ligadas ao tipo de organização adotado pela EMBRAPA para desenvolver suas atividades de pesquisa (Centros Nacionais, Sistema Nacional etc).

No caso do Nordeste, a pesquisa agropecuária estava até então insuficientemente estruturada e organizada sobretudo nas regiões semi-áridas. Até 1974, o serviço público (federal e estadual) respondia por 99% da produção científica no setor agrícola. Localizada sobretudo no litoral, concentrada nos estados de Ceará, Pernambuco e Bahia (72% dos trabalhos), a produção científica regional, além de insignificante (cerca de 3.000 trabalhos realizados), era mal aproveitada (cerca de 42,0% dos trabalhos não eram publicados) (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste 1978). Essa concentração ocorria também nos temas de pesquisa quase exclusivamente dedicados a culturas alimentares e industriais, sem abordar pesquisas sobre a avaliação dos recursos naturais da

região, questão primordial no Semi-Árido do Nordeste.

Assim, em que pese às diferentes ações e instituições de pesquisa existentes no Nordeste, a complexidade e a diversidade das interações existentes entre os sistemas sociais e ecológicos no Semi-Árido, somadas 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. Seu objetivo é o de executar atividade de pesquisa, visando gerar tecnologias para sistemas de produção economicamente viáveis nas diversas áreas ecológicas incluídas no seu campo de atuação.

No CPATSA, como na EMBRAPA, o processo de geração de tecnologias ou de conhecimento é visto como um **continuum** 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 sobre o Semi-Árido do Nordeste e a inadaptação das tecnologias disponíveis na solução de seus problemas, o CPATSA possui um modelo organizacional que distingue três fases no processo de pesquisas:

1. o levantamento e a definição de problemas que requerem solução através da pesquisa;
2. a geração de tecnologia;
3. o estudo das interações existentes entre os resultados das pesquisas e sua difusão e adoção nos sistemas agrícolas.

"O ponto inicial do processo, isto é, a definição dos problemas que restringem as produções e produtividades, é, certamente, o mais importante, sendo quase sempre o mais complexo. Ele exige dos pesquisadores uma série de qualidades destacando-se a capacitação, a criatividade e a experiência. A falta desses predicados pode levar muitas vezes a enganos que afetam prejudicialmente todo o processo de pesquisa ou que restringem bastante sua objetividade" (Blumenschein 1979). A pertinência dessa afirmação é particularmente válida no Semi-Árido, onde não só a ausência de "predicados" limita uma identificação correta dos problemas, mas, sobretudo, a ausência de métodos científicos apropriados. O levantamento dos problemas pode e deve ser objeto de trabalhos de pesquisa e não simplesmente resultado de contatos esporádicos ou organizados com produtores e extensionistas já que, sobre a questão dos fatores que limitam a produtividade e a produção das culturas, agrônomos, economistas, sociólogos, pesquisadores, extensionistas e responsáveis do levantamento rural apontam múltiplas causas, de natureza diversa e, freqüentemente, discordante.

Na busca de técnicas e tecnologias capazes de permitir o aumento da

produtividade das culturas, a pesquisa agropecuária carece de informações sobre o nível e a variabilidade (no tempo e no espaço) dos rendimentos culturais no meio rural. Rendimento entendido como o resultado das interações clima/solo/planta/técnicas culturais. Ora, essas informações exigem métodos não tradicionais de pesquisa, adaptados à complexidade do espaço rural.

Este trabalho tem por principal finalidade expor parte dos métodos de pesquisa agropecuária a nível do meio rural desenvolvidos pelo Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido-CPATSA — na região de Ouricuri, PE, assim como os principais resultados obtidos durante a primeira fase desses estudos relativos às culturas alimentares anuais.

Convém salientar que os métodos apresentados são do estrito domínio da ciência agrônômica, abordando a questão das limitações da produtividade agrícola desde o ponto de vista técnico. Os métodos de análise agrônômica propostos permitem a identificação e a hierarquização dos fatores e condições que limitam a produtividade das culturas a nível do campo. Não se trata de reduzir o problema da produtividade a questões estritamente agrônômicas, pois as respostas a esse problema também estão em outros níveis: os dos sistemas de cultivo e de produção, os da unidade de produção e de sua inserção nas estruturas agrárias... Todavia diante do caráter predominantemente generalizador das análises de que se dispõe sobre essa questão, nesses níveis mais abrangentes, os métodos propostos permitem a identificação e a qualificação concreta a partir de uma reconstituição empírica do que se passa *in situ*, a nível do meio rural.

Assim, conhecer o que limita a produtividade das culturas, do ponto de vista agrônômico, leva diretamente à questão da tecnologia e da agricultura (processo de geração, difusão e adoção), terreno privilegiado para um encontro entre agrônomos e economistas.

A Identificação dos problemas da agricultura do Semi-Árido: um método de análise agrônômica

Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é o de apresentar os métodos de pesquisa no meio rural que o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA/EMBRAPA) vem desenvolvendo com vistas a conhecer o que limita a produtividade das culturas a nível de pequenos e médios produtores do Nordeste⁶.

⁶ Esta parte do trabalho foi particularmente desenvolvida em publicação da EMBRAPA (Miranda 1981).

Esse objetivo implicava que os métodos desenvolvidos fossem capazes de:

1. fornecer uma informação sintética e representativa sobre os níveis, a variabilidade (no tempo e no espaço) e a qualidade dos rendimentos culturais dos pequenos e médios produtores;
2. explicar as razões dos resultados obtidos a partir de uma análise agrônômica das interações clima/planta/técnicas culturais.

Diante da impossibilidade de reproduzir em campo experimental a infinita complexidade de situação agrícola existente no meio do Trópico Semi-Árido, e tendo-se em conta que essas situações conhecem uma flutuação no tempo bastante importante (transformações sócio-econômicas, variações climáticas), o essencial do trabalho vem sendo realizado a nível de produtores, a nível do meio rural.

Além de detectar e identificar os diferentes fatores e condições que limitam a produtividade das culturas, o método desenvolvido busca hierarquizá-los. Se para muitos desses problemas a pesquisa agropecuária já dispõe de soluções técnicas viáveis, para outros, as respostas deverão ser objeto de novas investigações a nível de laboratório ou de campos experimentais. Essa alimentação da pesquisa experimental a partir de um conhecimento circunstanciado e hierarquizado dos problemas do meio rural se coaduna com os objetivos do CPATSA/EMBRAPA e é também uma das razões do desenvolvimento dos métodos expostos a seguir.

Por razões logísticas e de diversidade de situações ecológicas, o trabalho está sendo realizado na região de Ouricuri, PE, onde o CPATSA/EMBRAPA possui atualmente cerca de 12 projetos de pesquisas através do Programa Nacional de Pesquisa 027 — “Avaliação dos Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Trópico Semi-Árido” (Miranda & Billaz 1980). O trabalho vem sendo desenvolvido com o **conjunto de culturas alimentares anuais existentes na região**, mas, por exigências de clareza e concisão, este caso se limitará ao caupi (*Vigna unguiculata* Walp). No texto, a palavra feijão será sempre empregada nesse sentido.

Métodos desenvolvidos

Métodos de obtenção de dados

Já que o pesquisador não pode transportar ou reproduzir, a nível de campo experimental, o conjunto da realidade que lhe interessa neste caso, ele é obrigado a examinar amostras limitadas do espaço rural. Assim, o primeiro problema prático a resolver é o de determinar os locais onde serão examinadas essas amostras (Godron 1976). Os resultados e a significação ulterior do trabalho dependerão dessa amostragem.

Assim, serão expostos, a seguir, os problemas e os critérios de amostragem considerados.

Primeiro problema: a escolha das propriedades

Para definir o procedimento de amostragem mais adequado a esse primeiro problema, levou-se em consideração o conjunto de documentos disponíveis sobre a região estudada.

Da análise crítica desses documentos obteve-se uma síntese que permitiu postular:

- a produtividade e a produção das culturas estão diretamente ligadas aos sistemas de cultivo e de produção;
- esses sistemas variam de uma propriedade a outra em função de sua situação agroecológica e sócio-econômica.

Para conhecer as grandes situações agroecológicas da região de Ouricuri, a partir dos documentos disponíveis e de prospecções de campo, foi realizado um zoneamento ecológico preliminar. Esse zoneamento distinguiu pelo menos, doze situações bastante diferentes em que a prática agrícola se defronta com problemas distintos pelo menos do ponto de vista do meio físico (natureza dos solos, profundidade, disponibilidade em água, vegetação natural etc.).

Um raciocínio análogo ao precedente foi realizado com relação à situação sócio-econômica das propriedades. Assim, a partir de dados fornecidos pela SUDENE (Projeto Sertanejo) e com complementos obtidos por documentos (INCRA, IBGE) e *in loco*, foram analisadas 200 pequenas e médias propriedades da região. Os dados obtidos foram tratados graficamente, numericamente e, sobretudo, cartograficamente (Miranda 1981).

Combinando essa dupla estratificação, agroecológica e sócio-econômica, foram selecionadas cerca de 106 pequenas e médias propriedades. A partir da localização espacial das propriedades selecionadas, definiram-se aquelas a serem sistematicamente acompanhadas, levando-se em conta os objetivos do trabalho e a disponibilidade logística (sobretudo em pessoal e transporte). O número final, por essas razões, ficou definido em 64 propriedades.

Segundo problema: o que estudar na propriedade

Delimitou-se esquematicamente a área de cada propriedade e a localização espacial de seus campos. Isso produziu um número variável de campos por propriedade em função de sua situação agroecológica ou sócio-econômica.

Em função dos objetivos deste estudo, definiu-se que seriam estudados apenas os campos onde se praticassem culturas anuais. Entretanto, pelo fato de a cultura consorciada ser generalizada na região, praticamente, todos os campos cultivados de cada propriedade foram acompanhados.

A nível de cada campo, estabeleceu-se, pelo menos, uma parcela de acompanhamento. O objetivo dessa parcela não era estimar a produção do campo, mas, sim, indicação sobre a evolução das culturas que permitissem explicar seus rendimentos em termos de interações clima/solo/planta/técnicas culturais.

Dada a constante existência de heterogeneidade nos campos dos agricultores, evitaram-se as principais (beiras de estradas, árvores, termiteiras) localizando as parcelas nas áreas mais representativas das condições médias observáveis.

O tipo de arranjo no consórcio determinou a forma e o tamanho das parcelas que variam em torno de 100m².

Terceiro problema: o que estudar a nível da parcela

A nível de cada parcela, foi realizado um acompanhamento semanal desde o plantio até a colheita, que incluiu uma série de observações qualitativas e quantitativas vinculadas ao clima, à planta cultivada, às adventícias, aos produtos, ao solo e às técnicas culturais. Essas observações foram completadas por informações obtidas junto ao produtor sobre os antecedentes e precedentes culturais do campo estudado, para um detalhamento das variáveis consideradas (Miranda 1981).

Métodos de tratamento dos dados

O trabalho de pesquisa a nível de produtor exige métodos próprios não só na obtenção como no tratamento dos dados, tendo em vista: o caráter freqüentemente aleatório e não matemático da maioria das variáveis estudadas, a heterogeneidade do meio físico e humano e sua variabilidade no tempo e no espaço (Miranda & Billaz 1980).

O procedimento analítico, indo do geral para o particular, utilizado na obtenção dos dados, deve agora ser substituído por uma abordagem sintética interpretativa que por aproximações sucessivas caminhe do particular para o geral. Um primeiro nível de síntese é o da classificação e do ordenamento dos dados relativos aos fatores e às condições de produção. O segundo nível confronta esses primeiros resultados com os dados obtidos sobre a população vegetal do campo estudado (níveis de rendimento, equações do rendimento, relação entre rendimento e as

condições de produção). O terceiro nível é o da variabilidade no tempo (sucessões culturais, rotações, flutuação climática) e no espaço (afolhamentos) em função dos sistemas de produção e cultivo. Este não será abordado neste trabalho.

Um maior detalhamento dos métodos utilizados será fornecido, a seguir, através da exposição dos resultados obtidos, na região de Ouricuri, com relação à cultura do feijão, durante o período de novembro de 1980 a março de 1981.

PRINCIPAIS RESULTADOS OBSERVADOS

Com relação aos fatores e às condições de produção

Durante o período de cultura de 1980/81 ocorreu no Trópico Semi-Árido uma ausência de chuvas de quase dois meses, cujas consequências agrícolas e sociais foram bastante graves. Os resultados obtidos representam o que se observou durante esse período. Apesar da variabilidade dos resultados no espaço, não se pode inferir sobre sua variabilidade no tempo (um ano normal ou chuvoso, por exemplo). Todavia, como o objetivo deste trabalho é sobretudo metodológico, os resultados obtidos permitem plenamente expor os métodos desenvolvidos.

Foram as seguintes as condições gerais da produção observadas no conjunto da região estudada:

Precipitações

- Novembro	38,5 mm
- Dezembro	53,2 mm
- Janeiro	84,0 mm
- Fevereiro	0 mm
- Março	0 mm (até o dia 10)

Total em 120 dias: 175,7 mm

Datas de plantio

A estação chuvosa começou normalmente. Os agricultores começaram a plantar com as primeiras chuvas (15 de novembro). Por volta do dia 15 de dezembro, a totalidade dos campos acompanhados estavam semeados com culturas anuais (milho, feijão, algodão, sorgo, amendoim e fumo).

Fertilização mineral

Nenhum dos campos acompanhados recebeu qualquer forma de fertilização mineral, tanto neste ano como nos precedentes.

Tratamento de sementes

Nenhuma das sementes plantadas no conjunto dos campos cultivados recebeu qualquer forma de tratamento fitossanitário.

Variedades selecionadas

Nenhum dos agricultores utilizou sementes selecionadas. Todas as sementes são de variedades tradicionais, com exceção do milho que, sem ser selecionado, recebeu uma influência genotípica da introdução regional de certas variedades selecionadas.

Tratamentos fitossanitários

O acompanhamento semanal dos campos não detectou nenhum tratamento fitossanitário apesar da importância dos problemas de pragas e doenças. Uma pesquisa complementar junto ao agricultor confirmou esses dados.

Manejo de água

Nenhuma das propriedades pratica qualquer tipo de manejo de água *sensu* irrigação, quer seja por métodos tradicionais ou não. A agricultura se pratica em condições estritamente pluviais.

Associações culturais

Na totalidade dos campos estudados, os agricultores praticam culturas associadas. Essa associação é extremamente complexa por várias razões: de um lado envolve plantas anuais (feijão *Vigna* e *Phaseolus*, fumo, milho, sorgo, algodão, amendoim) e plurianuais ou perenes (palma, fumo, mamona, mandioca, banana, algodão, vários tipos de capim), em combinações diversas. Para uma mesma associação de plantas, as datas de semeadura podem variar de um campo para outro, numa mesma propriedade; o arranjo espacial dessas culturas varia muito em função das localidades, das propriedades, dos solos, da história cultural do campo, do nível de equipamento da propriedade etc. Praticamente, sob esses dois critérios, *sensu stricto*, cada campo representa um tipo de consórcio. Qual será a flutuação no tempo dessa variabilidade espacial consórcio.

tatada? Quais as razões que determinam essa grande dispersão?

Datas de colheita

Apesar das condições de produção, onde se destaca a falta de chuvas, os agricultores obtiveram produções significativas de feijão na maioria dos campos cultivados. Essa colheita foi realizada basicamente entre os dias 1 e 15 de março. O nível e a variabilidade dos rendimentos observados nessas condições de produção serão apresentados a seguir.

Com relação aos níveis e à variabilidade dos rendimentos

A primeira ressalva necessária ao se tratar do rendimento do feijão é que o resultado obtido subestima a produtividade real, já que não se tratava, em nenhum caso, de uma cultura pura. Em muitos casos, esses rendimentos deveriam ser multiplicados por 2 ou por 3 para termos uma equivalência com as médias agrônômicas de referência em cultura pura.

Em segundo lugar, como ocorre freqüentemente nesse tipo de pesquisa em meio não controlado (Miranda 1979), algumas das melhores parcelas acompanhadas foram colhidas pelos agricultores diante da situação de penúria atravessada por causa da seca. Houve até casos de parcelas colhidas, à noite, por pessoas desconhecidas, quando do auge da estiagem.

Em função das nossas limitações logísticas e de pessoal e em face da grande quantidade de variáveis acompanhadas, certas fichas ficaram incompletas ou incorretas. Assim, após ordenamento, classificação e homogeneização dos dados, vários campos foram eliminados do estudo do rendimento, apesar de possuírem informações válidas para outros segmentos da pesquisa.

Uma ressalva final sobre os rendimentos obtidos: trata-se, de fato, de uma primeira colheita. Com as chuvas que ocorreram entre março e meados de abril (385 mm), a maioria dos campos voltaram a florir e uma segunda colheita está sendo esperada em grande parte das parcelas acompanhadas.

A média dos rendimentos de grãos em quilos por hectare foi, nessa primeira colheita, de:

$$67,7 \pm 10,43 \quad (66,66; 68,74)$$

Como interpretar, agronomicamente, o significado do nível e da variabilidade dos rendimentos observados? Trata-se de um dos objetivos

principais e centrais dos métodos desenvolvidos que serão apresentados a seguir.

**EXPLICAÇÃO AGRONÔMICA DO QUE LIMITA A PRODUTIVIDADE
A PARTIR DA ANÁLISE DAS INTERAÇÕES
CLIMA/SOLO/PLANTA/TÉCNICAS CULTURAIS**

A equação do rendimento

A variabilidade dos níveis de rendimentos observados junto aos pequenos e médios produtores permite uma classificação sumária dos campos estudados em quatro grandes categorias:

Categorias sumárias	Níveis de rendimento de feijão por kg/ha	
A	0	50
B	50	150
C	150	250
D	250	400

Como explicar essa variabilidade em termos de interações clima/solo/planta/técnicas culturais? Em que medida podemos considerar que o conjunto dos agricultores que se enquadram na categoria **A** enfrentam limites de produtividade da mesma natureza?

Para analisar os rendimentos culturais utilizou-se uma equação lógica do rendimento para o feijão, análogo à utilizada para o milho (Miranda 1977), onde se considerou:

$$\text{Rdt kg/ha} = (\text{número de plantas/ha}) \times (\text{número de vagens/planta}) \times (\text{número de grãos-vagem}) \times (\text{peso médio de um grão})$$

Essa equação simples e multiplicativa (se um termo for igual a zero o rendimento é zero) se realiza ao nível do campo, ao longo do tempo. Assim, cada estado ou fase do ciclo da planta determina o valor de cada membro da equação. É o processo de elaboração do rendimento (Fig. 1).

O acompanhamento de cada estado ou fase do ciclo vegetativo do feijão na região de Ouricuri permitiu uma síntese sobre os principais fatores e condições de produção analisados, a seguir, em termos de interações clima/solo/planta/técnicas culturais.

Relações entre ciclo vegetativo e elaboração do rendimento

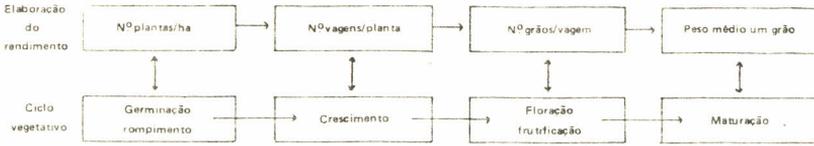


FIG. 1. Relações entre ciclo vegetativo e elaboração do rendimento.

Ciclo vegetativo e elaboração do rendimento

A realização boa ou ruim de cada estado ou fase do ciclo vegetativo do feijão determina cada membro da equação do rendimento e finalmente a produtividade da cultura. A elaboração do rendimento pode então ser estudada através de uma esquematização para cada estado ou fase do ciclo vegetativo das relações clima/solo/planta e técnicas culturais (intervenções do agricultor que podem alterar o resultado dessas relações).

Cada estado ou fase do ciclo vegetativo será estudado a partir da influência que os fatores e condições de produção específicas do feijão exercem sobre sua produtividade. As interações entre fatores foram eliminadas por razão de clareza na exposição, assim como as retroações. Eles representam uma redução analítica de uma situação complexa e sintética que ocorre ao nível do campo. Esta análise pode ser complexificada com a introdução de outros aspectos pedológicos, climatológicos, fisiológicos ou tecnológicos, não incluídos, porque não foram julgados, essenciais para o presente estudo.

Este trabalho limitou-se a observações quase sempre qualitativas quanto às interações clima/solo/planta/técnicas culturais ao nível de cada estado ou fase do ciclo vegetativo. Posteriormente, em posse do conjunto de dados obtidos pelos diferentes segmentos de pesquisa, será possível um trabalho mais quantitativo cujo principal objetivo serão os resultados e não os métodos, como é o caso presente.

Para cada fase vegetativa, os pontos de intervenção possíveis da parte dos agricultores, através das técnicas culturais, serão enfatizados.

A germinação ou número de grãos germinados por hectare

A primeira componente do rendimento é o número de pés por hectare e esta se encontra sob a dependência de duas fases vegetativas: a germinação e o rompimento.

No que diz respeito à germinação, constata-se a intervenção de vários fatores e condições, muitas vezes em interação. Pode-se destacar os se-

guintes aspectos na tentativa parcial de resposta à pergunta: O que limita a produtividade das culturas a nível do produtor?

A alimentação em água

A alimentação do grão em água não é uma condição específica do feijão, mas é importante assinalar que, para germinar, o grão de feijão deve atingir um teor em água de, aproximadamente, 50% (30% para o milho) o que supõe:

- Uma boa umidade do solo. Essa umidade é função da textura do solo, da percentagem de matéria orgânica (capacidade de retenção) e das precipitações úteis (posição topográfica).
- Um bom contato grão-solo. Nesse sentido, a cultura do feijão exige um leito de semente bastante fino.

As diferentes preparações de solo (tipo de instrumento, umidade dos solos na data do trabalho e tipo de trabalho realizado) assim como as técnicas de plantio têm uma influência preponderante sobre esse primeiro aspecto.

Aeração em torno do grão

Não se trata de uma condição específica do feijão. Uma diversidade de fatores determina esse ponto e as possibilidades de intervenção por parte dos agricultores.

Faculdade germinativa das sementes

A faculdade germinativa das sementes intervém diretamente sobre a germinação. Ela se encontra sob a dependência da variedade cultivada e da escolha das sementes.

As variedades cultivadas pelos agricultores são bastante diversificadas.

Elas chegam ao agricultor de modo bastante diverso (colheita anterior, compra em mercado ou feira, doação de amigos e vizinhos etc.). A pureza específica parece bastante baixa, a presença de grãos estranhos é freqüente e a faculdade germinativa é atualmente desconhecida. A interação qualidade da semente/sensibilidade ao ataque de fungos é relativamente importante. Atualmente, pode-se estimar que a faculdade germinativa das sementes deve ser bastante limitada (condições de conservação do grão, itinerários percorridos entre a colheita e o plantio), mas testes futuros permitirão uma quantificação.

Densidade de grãos/hectare

A densidade de grãos por hectare não intervém diretamente sobre a germinação "propriamente dita", mas sobre o número de grãos germinados por hectare e, desse modo, sobre o número de plantas por hectare. Essa densidade de plantio em Ouricuri parece ser função da variedade e do modo de cultivo.

Alem da dependência da densidade de plantio, a densidade de grãos/hectare depende do tratamento das sementes. Constatou-se, em todos os campos, a ausência dessa prática cultural. Os agricultores parecem adotar uma tática de aumentar o número de grãos por cova para garantir um número mínimo de pés no stand final.

O rompimento e o número de plantas por hectare

Na medida em que avançam ao longo do ciclo, as ações e interações dos fatores e condições de produção se complexificam. Entende-se por rompimento a fase vegetativa que vai da germinação do grão no solo à emergência, com o início da atividade fotossintética, em geral, efetiva a partir do aparecimento das duas primeiras folhas.

Seria fastidioso comentar todos os aspectos constatados em Ouricuri sobre essa fase vegetativa. Eis os principais:

Reservas de grão

As reservas do grão dependem pouco da variedade. Variam sobretudo a nível do campo em função da qualidade da semente, pois parte dessas reservas serão utilizadas por organismos saprofitas ou predadores, onde se destacam principalmente os fungos (*Fusarium spp.* e *Macrophomina phaseolina*). Essas reservas devem garantir a emergência da planta através do crescimento das raízes e do caule até o começo da fotossíntese.

A duração da travessia

A duração da travessia do caule até a emergência é função sobretudo da distância a percorrer, que está na dependência da profundidade de plantio. Ora, esse último ponto varia bastante com as técnicas culturais dos agricultores. Em vários campos, constataram-se plântulas mortas após esgotamento das reservas que não chegaram a emergir, dada uma profundidade de plantio demasiadamente grande.

Em terras argilosas, localizadas em baixios, a profundidade de semea-

dura deveria se limitar a 3 ou 4 cm, enquanto em terras arenosas, que secam mais rapidamente, ela deveria ficar em torno de 6 a 7 cm. Essa variação da profundidade de sementeira propiciaria uma melhor alimentação hídrica ao nível das raízes durante o rompimento. Ela implica uma maior tecnicidade no trabalho.

A duração da travessia depende também da ausência de obstáculos em superfície. Dentre esses, destacou-se a importância da coesão e da compactação, em certos campos cultivados, onde uma má preparação do solo tinha conduzido a uma pulverização superficial que, limitando em parte a aeração, deu origem a uma crosta superficial sob a ação das chuvas. Essa crosta é difícil de ser rompida pelo feijão dada a dimensão dos cotilédones. O milho, por exemplo, ao nível dos mesmos campos, rompe com maior facilidade dada sua forma de emergência. Essa crosta facilita a perda de água por escorrimento, principalmente no início do ciclo.

A alimentação hídrica

A alimentação em água não foi um fator limitante na maioria dos campos estudados, dado o bom início da estação chuvosa garantindo reservas hídricas suficientes a nível do solo, mesmo para os plantios tardios.

Alimentação mineral

O feijão, como a maioria das plantas, esgota grande parte de suas reservas durante a germinação. Para garantir um bom rompimento e um assentamento da cultura, é necessária uma disponibilidade bastante grande de alimentos minerais durante o rompimento. Fósforo e potássio são necessários, durante todo o ciclo vegetativo. O nitrogênio do solo também é importante enquanto não se instalam e se formam as nodosidades ao nível das raízes.

Ação dos predadores

Enfim um dos fatores importantes que agiu no final do rompimento do feijão foi a ação de predadores, onde se destacou a lagarta *Elasmopalpus lignosellus* Zeller. Apesar do conhecimento insuficiente de que dispomos sobre na biologia e dinâmica populacional (Moraes 1980), constatou-se sua proliferação durante períodos de estiagem. A lagarta prejudica diretamente as plântulas alimentando-se de seus tecidos ao nível do colo. Indiretamente, causa o tombamento do pé mal sustentado

sob a ação do vento, limita a alimentação hídrica e facilita a entrada e o ataque de fungos (*Macrophomina phaseolina*).

A intensidade dos ataques variaram com os precedentes culturais (menor nos campos cultivados sem pousio, maior quando a precedente cultural era uma capoeira) e com a textura dos solos (maior nos solos arenosos e menor em solos argilosos).

No final desta ação de pesquisa será realizado um cômputo quantificado da ação dessa lagarta. Sua ação foi induzida ou favorecida pela ausência de chuvas que influenciaram bastante o nascimento das plantas, analisado a seguir.

O crescimento e o número de vagens por planta

O número de vagens por planta está sobre a dependência estrita do número de flores fecundadas, mas o crescimento determina o número de ramificações (frutíferas ou não) e tem grande importância sobre o número total de vagens por planta.

Dada a complexidade dos fatores e condições que influenciam o crescimento, assinalaram-se os que pareceram principais em Ouricuri, no caso do feijão, destacando-se primeiro a parte relativa ao desenvolvimento radicular e, depois, o sistema aéreo.

A alimentação em água

A ausência de chuvas limitou, em parte, o crescimento das plantas, mesmo se como fator direto sua grande influência foi sobre a floração. Todavia, observam-se comportamentos vegetativos bastante diferentes em função do controle mais ou menos eficaz das adventícias. A eliminação por capina da quase totalidade das adventícias deu a certos campos um desenvolvimento vegetativo da ordem de duas vezes superior ao dos campos não capinados. Diferenças notáveis foram observadas em função do controle das adventícias sobre a taxa de recobrimento do solo e a altura da vegetação.

A alimentação mineral

Na alimentação mineral do feijão, a fixação do nitrogênio atmosférico pelas bactérias das nodulosidades é de importância, sobretudo nas condições em que se pratica a agricultura de sequeiro em Ouricuri. Além dos efeitos sobre a própria cultura, o efeito residual sobre culturas posteriores é apreciável. No caso do feijão ou de outras leguminosas, existe uma interação muito grande entre o desenvolvi-

to radicular e a quantidade de nodosidades que garantem uma alimentação em nitrogênio à planta. Não se observou efeito depressivo no momento de instalação das nodosidades, todavia seu número era bastante reduzido nas plantas observadas. A coloração interna das nodosidades indicava, em geral, um bom funcionamento. Todavia essa incorporação de nitrogênio não é suficiente, pois os outros elementos minerais têm sua influência sobre o crescimento das plantas. Sua disponibilidade depende das técnicas culturais e dos sistemas de cultivo (práticas de restituição organomineral).

Vale a pena recordar que, com fertilização ou não, uma colheita de 100g de grãos exporta, aproximadamente, 5 kg de N; 1,7 kg de P_2O_5 ; 4,8 kg de K_2 ; 0,4 kg de S; 1,6 kg de CaO e 1,5 kg de Mg. Enfim, ao nível da alimentação mineral, a concorrência das adventícias teve um papel importante nos campos que os agricultores não puderam capinar no começo de ciclo (falta de mão-de-obra) ou que abandonaram ao longo do ciclo, o que ocorreu freqüentemente. Falta de comida e de água potável na propriedade destacava-se aparentemente entre os fatores principais. A ausência de equipamentos e de técnicas mais diversificadas para o controle das adventícias (na totalidade dos campos esse trabalho era executado manualmente) constitui uma grave limitação. Assim, o problema da concorrência e do controle das plantas adventícias parece ser uma questão central entre os fatores que limitam a produção sob condições estritamente pluviais.

Ação dos predadores

A ação de predadores fitófagos foi constatada tanto ao nível do desenvolvimento radicular (ação da *Elasmo* na inserção da raiz) como, sobretudo, ao nível do aparelho vegetativo. Foram observados vários tipos de insetos (*Empoasca kraemeri* Ross & Moore, *Caliothrips phaseoli* Hood, *Elasmopalus lignisellus* Zeller, *Aracanthus* spp.). Em alguns casos, o nível de infestação comprometia o desenvolvimento da planta. Nosso único objetivo aqui é o de assinalar a importância dos predadores.

Variedades

Existem diferenças marcantes quanto à inserção das folhas e seu comportamento durante a estiagem entre as variedades cultivadas. Esses fatores, dificilmente quantificáveis numa pesquisa desta natureza, têm grande importância sobre o rendimento fotossintético e a temperatura da folha, e devem ser considerados sobretudo no Trópico Semi-Árido.

As variedades cultivadas mostram também grande diversidade de comportamento quanto à duração e importância da floração, analisada a seguir.

A floração/frutificação e o número de grãos por vagem

A etapa examinada agora é composta, na realidade, por várias fases onde se destacam a floração, a polinização e a frutificação. No caso de uma cultura como a do milho, planta alógama, a polinização é de grande importância. No caso do feijão, planta autógama decidiu-se, por questão de clareza e concisão, agrupar as fases de floração e frutificação, cujos fatores e condições limitantes serão examinados em conjunto.

Alimentação hídrica

É sem dúvida um ponto essencial nessa etapa do ciclo, pois é o momento em que a planta é mais exigente em água. Não se dispõe de dados sobre o consumo de água da planta nessas fases em condições próximas das que trabalhamos. Todavia, três períodos críticos podem ser definidos por três estados vegetativos:

- primeiras flores: aproximadamente 50 dias depois do rompimento;
- primeiras vagens: aproximadamente 10 dias depois do rompimento;
- primeiros grãos: aproximadamente 90 dias depois do rompimento

Se o primeiro período crítico pode ser recuperado pela duração da floração, todo déficit hídrico, importante a partir da formação das primeiras vagens, penaliza fortemente o rendimento. Apesar do importante sistema radicular do feijão e da diminuição do número de plantas por hectare, a maioria das plantas começaram essa fase com uma disponibilidade de reservas de água no solo, certamente inferior a 150 mm. Nessas condições, o número de vagens por planta sofreu uma importante redução: 1 a 2 vagens por planta quando a média, em boas condições, é de 10 a 15 vagens.

Alimentação mineral

Diante das condições limitantes em água, a alimentação mineral, em muitos campos, ficou extremamente reduzida. Observou-se uma redução significativa na exploração do perfil pelas raízes e certamente a atividade dos microrganismos do solo deve ter diminuído. No momento da mobilização das reservas existentes na planta para a formação dos

grãos, certamente o processo foi prejudicado.

Potencial genético da variedade ou taxa de frutificação

A limitação da alimentação hídrica, agravada pela ausência ou pelo atraso das capinas na maioria dos campos, não permitiu que fossem evidenciadas diferenças importantes entre as variedades, salvo no que é trivial: as variedades de ciclo curto apresentaram uma melhor frutificação. Todavia, se o nível de consumo de água aumenta com as variedades tardias, seria importante conhecer se existem diferenças na velocidade consumo, já que é sobretudo no momento da formação dos grãos que as diferenças intervarietais ocorrem.

Constatou-se uma maior produção de matéria seca entre as variedades precoces e tardias o que também influi sobre a formação dos grãos (reservas disponíveis ao nível da planta). Os dados disponíveis não permitem evidenciar uma ação unifatorial variedade/número de grãos por vagem, apesar de uma taxa de frutificação potencialmente diferente entre as diversas variedades.

A ação de predadores

A importância do ataque de certos predadores fitófagos durante várias fases do ciclo vegetativo, entre os quais destacou-se a cigarrinha-verde-do-feijoeiro (*Empoasca kraemerii* Ross & Moore), deve ter acarretado uma diminuição do número de vagens e do número de grãos por vagem, como mostram os resultados experimentais realizados no CPATSA. Todavia, resultados ulteriores poderão quantificar esse aspecto.

A maturação ou o peso médio e a qualidade dos grãos

Nas fases precedentes, tentou-se destacar, entre os múltiplos fatores e condições que intervêm na elaboração do rendimento do feijão, os vinculados ao clima, ao solo e às técnicas culturais. Diante da impossibilidade ou da grande dificuldade existente para mudar, nas condições sócio-econômicas dos agricultores do Trópico Semi-Árido, o clima e o solo, muita coisa pode ser transformada a nível das técnicas culturais.

A pesquisa agropecuária dispõe de muitos resultados e outros deverão ser perseguidos nessa ótica⁷. Todavia, durante a maturação, pouco

⁷ A análise realizada indica itinerários técnicos possíveis para essas informações que não implicam obrigatoriamente a introdução de insumos de origem exógena à propriedade (melhorar e otimizar a tecnicidade do trabalho, o encadeamento das operações culturais etc.).

pode fazer o agricultor. Aos esquemas relativamente complexos das fases anteriores, substituiu-se um quadro relativamente simples, onde as flutuações são difíceis de serem apreciadas, pois, apesar de serem o resultado direto das fases anteriores, dependem estritamente de processos fisiológicos internos à planta.

Dois únicos pontos importantes a destacar: a importância das variedades em termos de relação palha/grão na formação das reservas da planta e a ação dos predadores.

Com essa última etapa vegetativa conclui-se a elaboração do rendimento. O peso médio de 1 grão observado foi relativamente elevado e uniforme (0,2 g com um desvio padrão de 0,006), pois situa-se próximo das médias obtidas em condições normais. Quanto à qualidade dos grãos e sua variabilidade (percentagem entre protídeos e glúcídeos), essas análises não foram realizadas.

EM RESUMO

1. A tentativa de explicação agrônômica das interações clima/solo/planta/técnicas culturais, através da equação do rendimento proposta, permite relativizar as visões reducionistas unifatoriais (Sebillote 1974). O rendimento cultural se encontra sob a dependência de uma série de fatores que, sob a ação do agricultor, criam condições, mais ou menos, favoráveis a cada fase ou estado do ciclo vegetativo da planta. Nesse sentido, os métodos propostos buscam a relação:

Técnicas \Rightarrow rendimento por uma série de relações explicativas intermediárias conforme a Fig. 2.

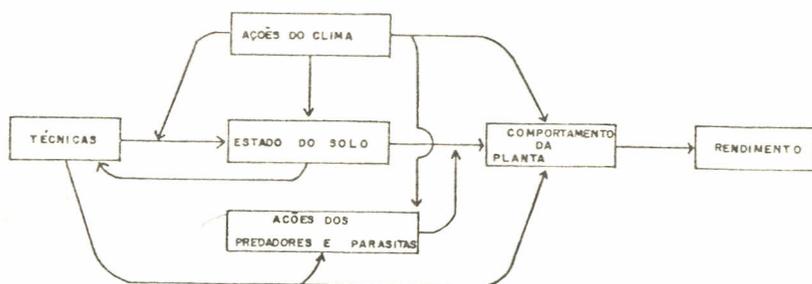


FIG. 2. Abordagem das interações técnicas/rendimento. Esquema simplificado.

O método tenta substituir as relações unifatoriais tradicionais (efeito da água sobre o rendimento, efeito da densidade sobre o rendimento, efeito da variedade sobre o rendimento), por um conjunto plurifatorial, onde as razões, as causas e os efeitos são identificados.

2. Além de poder explicar as diferenças de níveis de produção entre agricultores, a equação e os métodos utilizados permitem separar, dentro de um mesmo nível de produção, agricultores com problemas agrônômicos distintos. Assim, dentro de um conjunto de agricultores com rendimentos médios de feijão em torno de 100 kg/ha, pode-se distinguir um subconjunto onde o que limita a produção é o número de plantas por hectare (problema fitossanitário, por exemplo).

Um segundo subconjunto pode ser constituído por agricultores que, apesar de terem um bom número de plantas por hectare, vêem seus rendimentos limitados pelo número de vagem por planta (um problema de fertilidade ou de variedade, por exemplo). E assim sucessivamente.

Um dos interesses maiores do método é que, ao identificar e hierarquizar os fatores e condições que limitam a produtividade das culturas, ele permite mostrar para agricultores situados num mesmo nível de rendimentos seus problemas agrônômicos específicos, que podem ser bem distintos.

3. Essa identificação e hierarquização dos fatores limitantes da produtividade em termos de interações clima/solo/planta/técnicas culturais permitem uma orientação às pesquisas de campos experimentais sobre o que é prioritário em termos de intensificação da produção. Nesse sentido, é importante salientar que seria totalmente ilusório tentar reproduzir as condições de cultura do agricultor por uma simples ausência de certos insumos (fertilizantes, variedades selecionadas etc.). Os resultados obtidos mostram que, para uma situação geral de ausência de insumos, os rendimentos culturais podem variar de modo extremo entre as propriedades (situações agroecológicas e sócio-econômicas) e entre os próprios campos de uma mesma propriedade (decisão do agricultor quanto à disponibilidade e à utilização dos fatores de produção).

4. Com objetivos estritos de pesquisa (e não de extensão ou de desenvolvimento), seria importante experimentar e testar no meio rural, de preferência em condições desfavoráveis, as técnicas isoladas ou combinadas de que dispõe a pesquisa. Uma ação de pesquisa dessa natureza permitiria validar a experimentação a nível de experimentação a nível de produtor.

5. Enfim, o baixo nível dos rendimentos na produção do feijão mostra a necessidade e a possibilidade de intensificação que, conforme a análise realizada, pode seguir trajetórias das mais diversas possíveis. Intensificação da produção não é contrária à securização da lavoura dian-

te das flutuações climáticas (Tourte 1974). O que conduz ao fracasso certas tentativas de intensificação é que elas se apóiam freqüentemente sobre o único fator julgado determinante. Sem uma ação modulada sobre vários fatores, as vias de intensificação e de diversificação da produção são fadadas ao fracasso tendo em vista as condições específicas da agricultura do Trópico Semi-Árido. Neste sentido, é interessante notar que um fator de melhoramento da produtividade, como as variedades selecionadas, que, em outras regiões do Brasil, dão resultados significativos com pouco custo e poucas mudanças no sistema de cultivo e de produção do agricultor, ainda não encontrou o devido sucesso no Trópico Semi-Árido. Isso se explica, em grande parte, pelo fato de que essas variedades só dão resultados satisfatórios quando acompanhadas de uma implementação geral dos fatores de produção (Miranda 1979). Nas condições atuais, as variedades tradicionais produzem resultados mais satisfatórios (Fig. 3). Enquanto a ênfase vem sendo colocada sobre a diferença Y (as referências bibliográficas são inumeráveis nesse sentido), a pesquisa realizada a nível do meio rural e dos produtores tem que colocar a ênfase na diferença X. Enquanto essa diferença não for ultrapassada, os resultados serão limitados e beneficiarão uma parcela extremamente restrita de produtores.

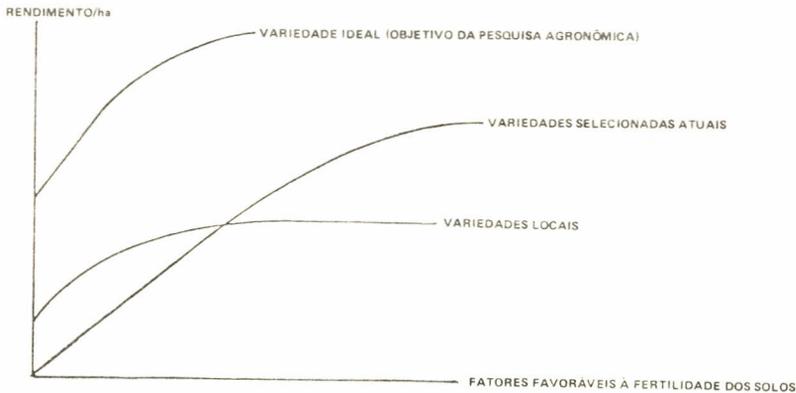


FIG 3. Exemplo esquemático das diferentes respostas varietais ao melhoramento da fertilidade dos solos.

CONCLUSÃO

Geração, difusão e adoção de tecnologias agrícolas constituem etapas inseparáveis de um processo uno. Se, no setor industrial, a separação conceitual e física dessas diferentes etapas é possível, no caso da agricultura, ela pode levar a uma série de distorções, insuficiências e a um desperdício de recursos materiais, humanos e financeiros.

Isso é particularmente sentido na região semi-árida do Nordeste onde a inadequação e/ou a inexistência de tecnologias agrícolas vem, entre outros fatores, limitando o aumento da produtividade das culturas, dada a ausência de geração tecnológica *in situ*.

Para gerar tecnologias agrícolas que respondam realmente aos problemas dos agricultores é necessário um esforço de pesquisa a nível de produtores e do meio rural que permita identificar, de modo circunstanciado, o que limita a produtividade das culturas.

O método apresentado vem permitindo um melhor conhecimento dos problemas enfrentados pela agricultura semi-árida e, sobretudo, sugere vários itinerários e opções tecnológicas para eventuais soluções satisfatórias.

Se os resultados disponíveis atualmente permitem uma síntese sobre o que limita a produtividade a nível de campo, sua integração posterior com os dados relativos às estruturas de produção deverá orientar sínteses a nível das propriedades e de sua inserção nas estruturas agrárias.

Nesse sentido, uma maior integração, prática e teórica entre a ciência agrônômica e econômica, parece fundamental. E isso não depende só da filosofia das ciências, na medida em que a prática é função das equipes de pesquisa e dos métodos empregados. Essa preocupação, num organismo de pesquisa, deve ser coletiva, pois, diante de recursos obrigatoriamente limitados, ela deve orientar a racionalidade e a validade das ações de pesquisa, assim como a gestão econômica dos meios necessários.

REFERÊNCIAS

- BLUMENSCHNEIN, A. *Princípios da pesquisa no sistema Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*. EMBRAPA, Brasília, 1978, 48p.
- BRASIL. SUDENE. *Produção científica no setor agrícola do Nordeste*. Fortaleza, 1978.
- CARVALHO, J.M. A política científica e tecnológica no Brasil. *Revista de Finanças Públicas*, Rio de Janeiro, 39(Nº Especial):9-49, mar. 1979.
- FIORENTINO, R. *Uma propuesta metodológica para el estudio del cambio técnico en el sector agropecuario del nordeste brasileiro*. CME-PIMES, Recife, 1976, 25p. (Série texto para discussão).

- FREDERICK, K. **A agricultura do Nordeste, dois ensaios.** CME-PIMES, Comunicações, Recife, 9:5-71, 1975.
- GODRON, M. **Les échantillonnages phytoécologiques.** Paris, Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique, 1976, 23p. (DGRST. Note 8).
- HAYAMI, Y. & RUTTAN, V. **Agricultural development: an international perspective.** The John Hopkins Press, Baltimore, 1971.
- MIRANDA, E.E. **Etude des déséquilibres écologiques et agricoles d'une région tropicale semi-aride au Niger.** Bordeaux, Univ. de Bordeaux 11 D.G.R.S.T., A.C.C. Lutte contre l'aridité en milieu tropical, 81p. 1979.
- MIRANDA, E.E. **Le cycle d'eau et les cultures pluviales en milieu aride (Sahel) (problématique et consideracion.** Paris, ESAT-ISARA, 170p. 1977.
- MIRANDA, E.E. **Métodos de pesquisa agrônômica sobre as limitações dos rendimentos culturais a nível de pequenos e médios agricultores do Trópico Semi-Árido.** EMBRAPA-CPATSA, 1981.
- MIRANDA, E.E. & BILLAZ, R. **Méthodes de recherche en milieu sahélien: les approches écologiques et agronomiques d'une démarche pluridisciplinaire: l'exemple de Maradi au Niger,** *Agron. Trop.*, 35(4):357-73, 1980.
- MORAES, G.J. & RAMALHO, F.S. **Alguns insetos associados a *Vigna unguiculata* no Nordeste.** EMBRAPA-CPATSA, Petrolina, 10p. 1980. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa 1).
- MORAES, G.J.; OLIVEIRA, C.A.V.; ALBUQUERQUE, M.M.; SALVIANO, L.M. C. & POSSÍVIO, P.L. **Efeito da época de infestação de *Empoasca kraemerii* Ross & Moore, 1957 (Cigarrinha verde do feijoeiro) Homoptera: Typhocibidae) na cultura de *Vigna unguiculata* Walp (Feijão-macacão).** *An. Soc. Entomol. Brasil*, 9(1):67-74, 1981.
- NICHOLLS, W. **A economia agrícola brasileira: desempenho e política recente,** IPEA-INPES, Monografia nº 17:47-87, 1975.
- PAIVA, R. **Modernização e dualismo tecnológico na agricultura.** *Pesq. Planej.*, (1/2), dez. 1971.
- PIÑERO, M. & TRIGO, E. **Un marco general para el analisis del progreso tecnológico agropecuario: las situaciones de cambio tecnologico — IICA-OEA,** Colombia, abr./1977, 47p.
- SEBILLOTE, M. **Agronomie et agriculture, essai d'analyse des tâches de l'agronome.** *Cahiers ORSTOM, Ser. Biol.*, (24):3-25, 1974.
- SIGAULT, F. **La technologie de l'agriculture: terrain de rencontre entre agronomes et ethnologues.** s.l., s.ed., 1975, p.103-11. (Etudes Rurales, 59).
- SILVA, M.B.A. **Analyse du processus de génération et adaptation technologie agricole dans la region semi-aride de l'état de Pernambuco Brésil.** Montpellier, Université de Nontpellier, Faculté de Droit et des Sciences Economiques, 226p. 1980. Tese Doutorado.
- SOARES, A. **A economia de Pernambuco,** CME-PIMES, Série Pesquisa, Recife, 4:239-47, 1975.
- TOURTE, R. **Réflexions sur les voies et moyens d'intensification de l'agriculture en Afrique de l'Ouest.** *Agron. Trop.*, 29(9):917-46, 1974.

YUDELMAN, M. Evolution technologique de l'agriculture et emplois dans les pays en voie de developpement. Paris, OCDE, 225p. 1974.