

1. A área B C D E é a de interação conjunta Produtores, Assistência Técnica e Pesquisa; simboliza o contato da pesquisa com os produtores, na presença da assistência técnica. Captam-se, aí, diretamente, problemas dos agricultores e da assistência técnica.

2. A área A B E F representa a interação da pes-

quisa e assistência técnica, a fim de solucionar problemas mútuos, mas sem a presença dos agricultores.

3. A área R W F A é de especialização da pesquisa.

No que respeita à assistência técnica, identificam-se também os três tipos de áreas.

6. O ENFOQUE DE SISTEMAS NA EMBRAPA

Eliseu Alves

Introdução

O aumento da produtividade da agricultura é a missão da EMBRAPA que exige, para seu cumprimento, geração de conhecimentos científicos capazes de cristalizarem-se em sistemas de produção atraentes aos agricultores e, portanto, em condições de competir com aqueles em uso.

Esta visão do objetivo da Empresa tem duas implicações fundamentais. Em primeiro lugar, as evidências do impacto do trabalho devem ser buscadas a nível de produtor, identificando-se o efeito de tecnologia gerada sobre os índices de produtividade. É evidente que estes efeitos se irradiam do setor agrícola para outros setores de economia, beneficiando, em última instância, os consumidores. Desta forma, é possível conduzir a avaliação dos resultados da pesquisa a níveis mais agregados, como por exemplo, a nível de consumidor, mercado internacional e setor agrícola, mas sem perder de vista que os resultados observados são conseqüências de mudanças ocorridas entre os produtores rurais.

Existe, entretanto, uma defasagem, de amplitude variável, entre a produção do conhecimento científico e sua cristalização em tecnologia agrícola. De uma maneira estrita, tendo-se em vista a missão da Empresa, estes conhecimentos só podem ser considerados resultados alcançados quando utilizados pelos agricultores. A adoção de novas idéias é, no entanto, um processo que demanda tempo e é muito influenciado por variáveis de natureza econômica. De maneira parcial, menos estrita, é possível considerar como resultado alcançado aquele elenco de conhecimentos que tem condições de se cristalizarem em sistemas de produção, para os quais se prevê vantagem comparativa em relação àqueles em uso ou que poderão estar em uso, se as circunstâncias de natureza econômica mudarem. A palavra final, no que respeita aos resultados do trabalho da EMBRAPA, cabe, entretanto, ao impacto que os conhecimentos gerados tiverem sobre os índices de produtividade da agricultura.

Em segundo lugar, destaca-se a responsabilidade do pesquisador no processo de difusão de tecnologia. Com efeito, se os sistemas de produção não se cristalizarem em nova tecnologia, não haverá aumento de produtividade. Fica, assim, patente a responsabilidade da Empresa em ajudar à Assistência Técnica a realizar seu trabalho de obter dela uma participação mais ati-

va em todas as fases do trabalho de investigação.

A estratégia da modernização da agricultura brasileira contempla medidas que têm efeitos mais imediatos e de alcance no médio e longo prazo. Visa-se, desta maneira, a assegurar ganhos rápidos de produção e produtividade e garantir que o processo de modernização tenha natureza auto-sustentada e que gane aceleração com o correr do tempo.

A geração de conhecimentos científicos é instrumento importante da estratégia de modernização. Este instrumento é mais eficaz na medida em que se encurta o tempo entre a produção de conhecimentos e sua utilização pelos produtores rurais e, também, se aumenta o coeficiente de utilização dos conhecimentos gerados.

A redução do tempo de adoção e o aumento do coeficiente de utilização dependem, em parte, da capacidade da Pesquisa em definir tópicos de investigação a partir dos problemas dos agricultores e, a cada passo da execução do trabalho, não perder de vista o produtor rural. É, por outro lado, função da visão global da exploração (ou explorações) envolvida(s) que o pesquisador tiver. Esta visão global possibilita determinar os reais pontos de estrangulamento e, por conseguinte, dá elementos para se concentrar a ação da pesquisa em problemas relevantes.

Na seção que se segue, discutir-se-á um modelo de pesquisa que tem, como pressuposto, uma visão global da exploração envolvida. Convém, contudo, salientar que o modelo não prescinde da criatividade do pesquisador.

6.1. Os Modelos de Pesquisa — Analítico e em Sistema

O método científico, principal instrumento de geração de conhecimentos, compõe-se de análise e síntese e é um processo circular. Parte das observações, quando a de análise se inicia, procurando isolar os elementos essenciais para composição dos fundamentos de uma teoria. Estes elementos são sintetizados num conjunto de princípios fundamentais — ou seja, abstraem-se os elementos essenciais que servirão de base à teoria. Segue-se a fase dedutiva, quando se procura explorar as conseqüências dos princípios básicos. Esta fase é cognominada de Desenvolvimento da Teoria. No processo de dedução, eventos são preditos. Retorna-se, em seguida, às observa-

ções, com a finalidade de verificar se as predições feitas estão corretas.



(Veja Oscar Kempthorne: *The Design and Analysis of Experiments*, p.2)

O esquema acima traduz o anseio das ciências. Algumas, entretanto, não foram capazes de completar o ciclo. Poucas saíram da fase de observação, quando se desenvolve o sistema classificatório (filing system) que é básico às demais fases. Outras, mais afortunadas, já completaram o ciclo várias vezes e, por isto, deram origem a inúmeras teorias, as mais recentes tendo as anteriores como casos particulares. Tal é, por exemplo, o caso da física. Não é, entretanto, necessário que o ciclo seja completado a fim de se obterem conhecimentos úteis. Na realidade, enquanto alguns pesquisadores estão procurando desenvolver as "fases", outros utilizam os conhecimentos que fluem deste esforço para a geração de modelos experimentais e criação de novas tecnologias.

O método científico é uma sucessão de fases de análise e síntese. Comporta, portanto, uma visão global do problema (síntese) e uma participação em elementos mais simples (análise) que serão investigados. Os resultados obtidos são "sintetizados", dando origem a novas teorias ou, então, não são capazes de negar as teorias existentes. Este processo continua indefinidamente.

É fácil, portanto, compreender que os modelos de pesquisa em Sistema e Analítico não têm vida independente. Um necessita do outro e, portanto, um não exclui o outro. Não existe, portanto, um modelo de pesquisa em sistema e um modelo de pesquisa analítico. Existe, isto sim, uma fase de síntese – onde é necessário ter-se uma visão do sistema e uma fase de análise, quando o sistema é quebrado, nos seus elementos essenciais e estes investigados. Alternam-se, portanto, a visão global e a das partes, numa seqüência infinita e, por vezes, difícil de ser caracterizada. Não existe, portanto, entinomia "pesquisa em sistema" versus pesquisa analítica.

O modelo de pesquisa seguido, com o advento do método científico e seu contínuo aperfeiçoamento, contempla, portanto, a seqüência de síntese (quando o problema é formulado) e em que nível de agregação. O ponto inicial é o sistema de produção que os agricultores praticam ou podem praticar, ou determinada praga ou doença? A seção seguinte procurará responder a esta questão, bem como a que lhe é

relacionada – qual é o ponto terminal? Os resultados parciais ou os sistemas sintetizados a partir dos resultados parciais e que podem ser prontamente usados pelos produtores?

Convém deixar claro, antes de responder às questões postas acima, que existe, uma área de pesquisa em sistema. Tal área diz respeito ao esforço de gerar conhecimentos que permitem aperfeiçoar a metodologia de elaboração de sistema. Esta área de conhecimento constitui, hoje, uma disciplina independente, conhecida por *Análise de Sistema* e nomes semelhantes (não existe uniformidade de terminologia). É interessante anotar que os métodos de pesquisa empregados nesta área são analíticos e a seqüência análise e síntese está também presente neste campo de investigação.

6.2. O Papel da Idéia de Sistema na Escolha de Problemas de Pesquisa

Afirmou-se que a escolha de um problema de pesquisa é uma síntese, visto representar, em última instância, um esforço de abstrair de uma realidade complexa determinados elementos que constituirão objeto de investigação. Na realidade, a dificuldade maior está com o nível de abstração que, tradicionalmente, tem sido influenciado (ou, às vezes, somente influenciado) pelo campo de especialização do cientista. Este nível de abstração costuma estar relacionado com uma doença, determinada praga, melhoramentos genéticos, fertilidade de solos, práticas culturais, etc. No caso da EMBRAPA, cuja missão é aumentar a produtividade da agricultura, torna-se aconselhável um nível mais agregado de definição de problemas de pesquisa e, a partir deste nível, caminhar para problemas mais específicos que, fatalmente, estarão em linha com os interesses dos cientistas que compõem as equipes multidisciplinares. A razão deste procedimento diz respeito ao fato de a Empresa estar interessada em ter elevada produtividade do trabalho, que significa grande produção de conhecimentos científicos, com alto nível de utilização pelos agricultores, dentro de um espaço de tempo relativamente curto entre a geração e a incorporação em tecnologias rentáveis.

Os conhecimentos gerados deverão ser incorporados aos sistemas de produção postos em prática pelos produtores. É, então, natural ter como nível inicial de agregação o sistema de produção, e, a partir daí, partir para nível de especificidade mais conveniente, tendo-se em vista a solução dos problemas que limitam o crescimento da produtividade. É claro que este procedimento aumentará a probabilidade de que o universo de conhecimentos dê origem a um maior número de sistemas de produção relevantes aos agricultores, posto que foi gerado partindo-se de uma idéia mais global do processo de produção.

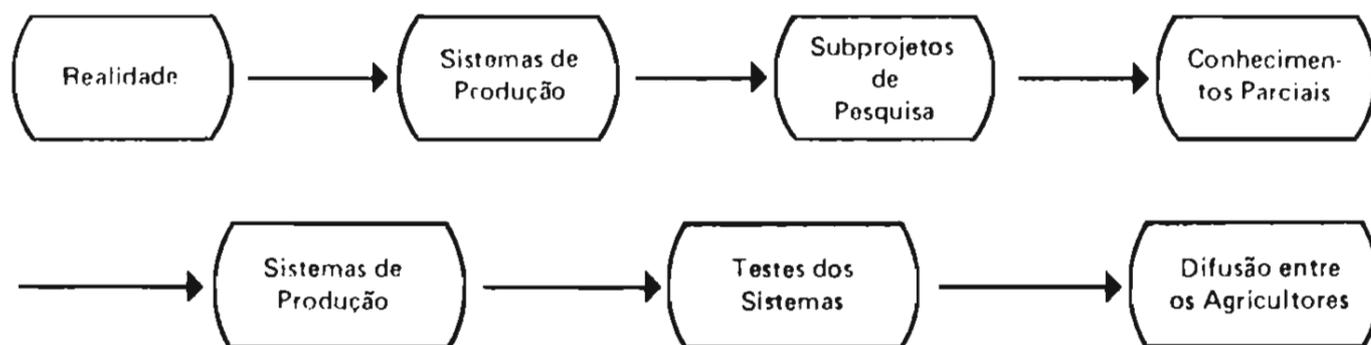
Um ponto inicial de abordagem são os sistemas de produção em uso na atualidade. A sua descrição

tornará claros os pontos de estrangulamento que travam o aumento da produtividade e que, portanto, deverão ser removidos pela pesquisa. Não é, contudo, aconselhável ter os sistemas em uso como único elemento de informação. Esforço deve ser feito no sentido de prever sistemas que poderão estar em uso, tendo em vista a evolução da conjuntura econômica brasileira e internacional, e que problemas de pesquisa deverão ser derivados dos mesmos. Se isto não for feito, a pesquisa correrá risco de não ser relevante, num ambiente como o do Brasil, onde o dinamismo da economia é a regra. É claro que a alocação de recursos necessita ser bem balanceada, de modo a contemplar adequadamente os sistemas de produção que representam avanços menores em relação aos usados e os mais audaciosos.

Corre-se o risco, quando se utiliza do termo **sistema de produção**, em dar a idéia de que sua descrição seja algo tão complicado que esteja fora do alcance de um pesquisador não especializado em Sistemologia. Na realidade, há possibilidade de complicar a descrição tanto quanto se desejar. Na fase inicial em que se vive, esta sofisticação é desnecessária e mesmo desaconselhável, posto que tornaria

o instrumento inacessível aos pesquisadores. Uma descrição que nomeie as variáveis relevantes e mostre o interrelacionamento das mesmas, através de diagramas, já é suficiente. Na maioria dos casos, este diagrama já tornará patentes os problemas relevantes e indicará o caminho para a pesquisa multidisciplinar. Por outro lado, à medida que experiência for adquirida, técnicos especialistas em sistemologia se juntarão às equipes multidisciplinares e cuidarão, então, de prover descrições mais elaboradas dos sistemas de produção que servirão de base para os projetos de pesquisa.

A execução dos subprojetos de pesquisas, mesmo partindo de uma idéia mais global, dará origem a conhecimentos parciais. Esta é uma fatalidade de toda pesquisa analítica e, infelizmente, a mente humana, no estágio atual de conhecimentos, não sabe desvendar os segredos da natureza de outra maneira. Obtidos estes conhecimentos, a tarefa não está terminada. Resta ordená-los em sistemas de produção, testar os mesmos e, depois, por intermédio da Assistência Técnica, difundí-los entre os agricultores. Diagramaticamente a seqüência está representada abaixo.



É óbvio que muitos resultados parciais de pesquisa podem ser divulgados para os agricultores antes da síntese do sistema. Tal ocorrerá quando os novos conhecimentos se encaixarem adequadamente nos sistemas em uso. Na realidade, o que se faz é substituir uma peça de um sistema em uso por outra de melhor qualidade e que nele se ajusta corretamente. Não se deve perder de vista que as chances desta ocorrência são elevadas. Mas, por outro lado, um pequeno exercício deve ser feito visando a apurar como o encaixe se dará. Na maioria das vezes, uma discussão entre cientistas, extensionistas e agricultores é suficiente.

A abordagem acima indicou que, em linhas, o modelo que se propõe é essencialmente o mesmo que vem sendo seguido desde o advento da pesquisa científica. No caso específico da EMBRAPA, varia o nível de definição do problema — a nível de sistemas de produção e a partir dos resultados parciais obtidos, a sintetização de sistemas de produção que são testados antes de serem difundidos aos agricultores, sem se impedir, contudo, que determinados resultados sejam diretamente disseminados.

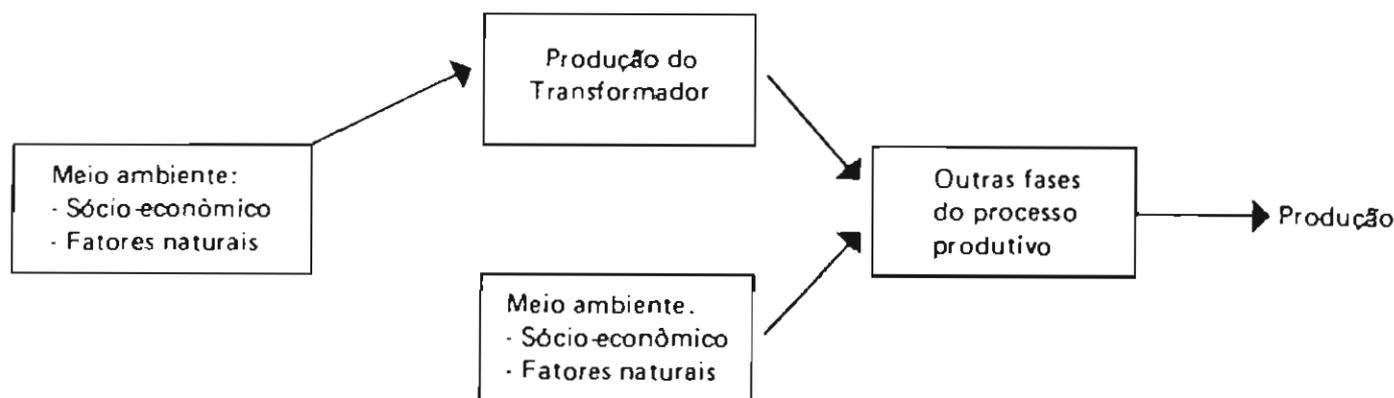
6.3. Sistemas de Produção Biológicos na Agricultura

A produção agrícola tem como característica fundamental a existência de um transformador, dotado de vida — planta ou animal —, que transforma energia em produto. A produtividade que se obtém é, em larga escala, função das condições ambientais nas quais o transformador realiza o seu trabalho. O homem pode modificar estas condições ambientais, mas está sujeito às restrições econômicas e, também, às ditadas pela natureza, como o clima, regime de chuvas, etc., sobre o que, em muitos casos, pode exercer pequeno controle.

O objetivo do produtor é o lucro. Por esta razão, a relação de preço entre produto e insumo dita, em geral, as condições que serão criadas para o transformador. Dentro da amplitude de manobra que as variáveis econômicas permitem, não resta dúvida, entretanto, que a ação do agricultor visa a criar condições favoráveis às diversas fases da vida do transformador. Em outras palavras, dadas as condições eco-

nômicas e a existência do transformador, existe um conjunto de insumos que torna a produtividade, do ponto de vista econômico, máxima. Neste sentido, o transformador e as variáveis econômicas têm caráter dominante. São influentes para as decisões que serão tomadas no que respeita às demais variáveis. No caso de plantas, tal é o caso do preparo do solo, níveis de fertilização, tratos culturais, colheita, armazenamento, etc. No que respeita aos animais, é o manejo, pastagens, alimentação suplementar, estabulação, etc.

As variáveis econômicas exercem, por outro la-



Desta forma, o meio ambiente determina as pesquisas de melhoramento visando à obtenção do transformador. O transformador (existente ou planejado para existir) e o meio ambiente determinam as pesquisas que serão feitas visando a prover condições adequadas para o transformador.

A colocação do meio ambiente em duas posições, no gráfico acima, visa, outrossim, a indicar a contínua realimentação de informações que existe, visto que os problemas que aparecem na produção, em fase, refletem-se nas condições sócio-econômicas e o ciclo recomeça.

A seqüência acima dá uma idéia dos fundamentos de um sistema biológico na agricultura, mas, por ser muito geral, não é de muita ajuda na formulação de projetos de pesquisa. Far-se-á uma particularização da mesma. Para facilitar a compreensão, os exemplos dados aparecem numa forma muito simplificada, mas contêm os elementos essenciais para a construção de modelos mais completos. Outro aspecto a ressaltar são os índices de produtividade que, preferivelmente, devem ser formulados em termos de produtividade física, visto ser, esta, diretamente relacionada com o transformador, e, portanto, não apresenta maiores dificuldades de compreensão. Esta formulação requer, no entanto, alguns cuidados adicionais. Determinada produtividade física pode ser antieconômica. Por esta razão, é necessário verificar se os índices de produtividade propostos suportam o teste econômico. O método a seguir é o de propor um índice de produtividade física coerente com os conhecimentos existentes e que se almeja obter e, em seguida, fazer um teste, a priori, a fim de se verificar

do, influência na escolha do transformador. A Pesquisa tende a produzir transformadores capazes de vencer as restrições impostas pelo ambiente econômico e natural. Quando trabalho se torna escasso, as plantas são "desenhadas" de modo a facilitar a colheita e outras operações mecânicas. A queda de preços dos fertilizantes levou à busca de plantas com alta capacidade de resposta. Inúmeros outros exemplos poderiam ser citados nesta direção. Esquemáticamente, a geração de conhecimentos pode ser expressa como abaixo:

a economicidade do mesmo. Se o teste falhar, propõe-se outro índice e, por tentativa e erro, chegar-se-á, finalmente, a uma solução de compromisso entre o que os pesquisadores desejam e o que é economicamente possível.

É costume anunciar os índices de produtividade em termos de uma medida, uma razão entre duas variáveis, como, por exemplo, produção/hectare. Na realidade é melhor fazê-lo em termo de um intervalo, como, por exemplo, entre 3.000 kg/ha e 5.000 kg/ha. Este intervalo está relacionado com o transformador. O mínimo refere-se às condições menos satisfatórias, nas quais o transformador ainda produz economicamente e o máximo diz respeito às "melhores condições", dadas as restrições econômicas.

1) O caso das culturas

A cultura do milho será tomada como exemplo. Existe uma região em que a análise do meio ambiente mostrou ter as seguintes características: é próximo de grandes centros consumidores, com o preço da terra elevado e, portanto, esta deve ser usada intensivamente. No caso de uma única cultura, como se supõe neste exemplo, o uso intensivo da terra é sinônimo de elevado rendimento por hectare, no intervalo entre 5.000 – 7.000 kg/hectare. A mão-de-obra é escassa e cara, e os agricultores maiores cultivam área que justifica a mecanização. Existe, também, a possibilidade de se organizar um sistema de arrendamento de máquinas, por intermé-

ção de firmas particulares ou cooperativas, que permita aos pequenos cultivadores de milho mecanizar sua produção, usando equipamento de maior porte.

O objetivo da pesquisa, nesta região, é produzir um sistema de produção, onde a mecanização estará presente, e que pretende produzir entre 5.000 e 7.000 kg/ha. É claro que este objetivo foi determinado pelos pesquisadores, depois de examinar a descrição do meio ambiente. Admite-se, implicitamente, que, se a cultura de milho não atingir aquela produtividade, ela não se justifica economicamente e, também, dado o estágio das "artes", esta produtividade é biologicamente viável, embora conhecimentos que a viabilização precisam ser ainda gerados.

Esta decisão implica imediatamente o segundo passo. Os pesquisadores examinarão o transformador das cultivares de milho existentes. Pode ocorrer que já existam híbridos ou sintéticos com as qualidades desejadas em condições de serem mecanizados, resistentes a doenças existentes, e com capacidade potencial para atingir a meta proposta. Se isto não ocorrer, a equipe multidisciplinar terá que desenhar planta com as características desejadas e, obrigatoriamente, um projeto de pesquisa será relacionado com o trabalho de melhoramento. Uma situação mais realística foge à dicotomia "existe e não existe". Na maioria dos casos, existe o sintético ou milho híbrido com algumas das características requeridas e que necessita ser aperfeiçoado. Desta forma, só por exceção o trabalho de melhoramento não estará presente.

Vem, agora, o terceiro passo. Conhecidas as características do transformador suas exigências e deficiências (inevitáveis pelo trabalho de melhoramento), a equipe multidisciplinar volta para o meio ambiente onde o cultivo do milho se fará. Aspectos como pragas e doenças, controle de invasoras, fertilização, colheita, armazenagem e comercialização da produção serão, então, considerados, sem perder de vista a meta proposta.

Desta forma, a partir da síntese que foi expressa num índice de produtividade, quebrou-se o problema em partes, e estas deram origem a vários subprojetos de pesquisa que serão executados. Embora se hajam mencionado três passos, não necessitam ser transpostos um após o outro. Na prática, tudo se dará simultaneamente, mas sem perder de vista o caráter dominante do transformador.

A execução dos subprojetos de pesquisa, como já se disse, dará origem a resultados parciais, e, a partir destes, é possível a montagem de vários sistemas de produção que, evidentemente, terão performance estimada entre 5.000 – 7.000 kg/ha. O passo seguinte é o teste destes sistemas nas condições de fazenda, a fim de verificar se, realmente, atingem os objetivos previstos. Os sistemas que vencerem o teste serão divulgados. Como já se disse, os resultados parciais podem ser divulgados, desde que se encaixem adequadamente nos sistemas de produção em uso. O diagrama abaixo sintetiza e completa o pensamento exposto até aqui.

Meio ambiente
- Fatores naturais
- Sócio-econômicos

Objetivo:
5.000 – 7.000 kg/ha

Linha de pesquisa: Melhoria
- Produtividade: 9.000 kg/ha
- Próprio p/ colheita mecânica
- Resistente a doenças A e B e pragas C e D
- Ciclo cultural: 3 meses, etc.

Transformador

Máquinas Doenças Pragas Clima Etc.
↑ ↑ ↑ ↑ ↑
Subprojetos isolados
Subprojetos que enfatizam interações
- densidade x adubação
- época x densidade x adubação
- densidade x adubação x invasoras
- preparo do solo x adubação x invasoras
- etc. x etc. x etc.

Preparo do solo e plantio

Tratos culturais

Máquinas, tipo de paiol Tipo de inseticidas Etc.
↑ ↑ ↑ ↑
Subprojetos isolados
Subprojetos que enfatizam interações
- época de colheita x infestação no paiol
- tipo de paiol x infestação
- densidade de plantio x facilidade de colheita
- inseticidas x resíduos nos grãos
- etc. x etc.

Colheita e armazenamento

Comercialização

Resultados parciais de pesquisa

Montagem de sistemas de produção

Teste dos sistemas

Divulgação para os agricultores

No esquema anterior aparecem três situações.

- Situação A - O objetivo é definido.
- Situação B - Decide o tipo de transformador. Instrumento: Melhoria.
- Situação C - Dois quadrados - Pesquisam-se aspectos do meio ambiente no qual o transformador desenvolverá seu trabalho. É importante notar que subprojetos de pesquisa são de duas naturezas; ora enfatizam o estudo das interações, ora pontos isolados.
- Situação D - Aparecem os resultados parciais, que permitem, de certa forma, caracterizar a população de sistemas que é compatível com os conhecimentos gerados.
- Situação E - Dos resultados parciais (que caracterizam a população de sistemas) extrai-se uma amostra de sistemas que serão testados em condições de fazenda, antes de serem divulgados. Como já se salientou, os resultados parciais, em certas circunstâncias, podem ser diretamente divulgados.

O exemplo dado parte de uma situação onde a tecnologia desenvolvida necessita ser sofisticada, visto que o rendimento por hectare é elevado. O esquema, entretanto, aplica-se em outras situações. Convém salientar que se partiu de premissa segundo a qual apenas um transformador é o ideal. Na prática, haverá vários diferentes híbridos e variedades sintéticas que precisam ser testados. Equivale, isto, a repetir o esquema para cada transformador, omitindo-se as partes cuja interação com o transformador é sabidamente pequena.

No caso em que o milho é cultivado em consorciação com outra cultura - como milho e feijão -, o esquema parte de dois transformadores, um interagindo com o outro. A estratégia é a de obter o máximo de produção conjunta e isolada.

Quando o milho é cultivado com outras culturas, competindo por recursos escassos, como terra e trabalho, a situação se complica. É interessante notar que, em certos casos, esta cultura tem papel dominante e as demais lhe são condicionadas. Neste caso, o esquema anterior ainda se aplica, com aproximação.

O teste de sistema implica que se vai verificar a *performance* do conjunto de práticas que compõem o sistema. Deseja-se conhecer, nas condições de fazenda (quando em estação experimental, simulam-

se condições de fazenda), a distribuição de probabilidade dos parâmetros que compõem o sistema e, a partir destas informações e de outras que fluem do mundo externo (preços, por exemplo), a rentabilidade econômica de cada sistema, a fim de poder compará-los. Na fase de montagem dos sistemas, técnicas de simulação poderão ajudar a eliminar certos sistemas, reduzindo, assim, o dispêndio de dinheiro com os testes.

2) O caso dos animais

No caso de bovinos, carneiros e ovinos, o sistema se compõe, na realidade, de dois subsistemas biológicos: as pastagens e os animais. Aquele subsistema fornece insumo para este. O objetivo final é algum índice de produtividade animal que implica em objetivo definido para pastagem. Desta forma, o subsistema pastagem necessita ter *performance* em linha com os resultados que se querem alcançar com o subsistema animal. Sem entrar em detalhes, visto que uma apresentação gráfica dos dois subsistemas excede em complicações os objetivos deste trabalho, segue, abaixo, um esquema tremendamente simplificado.

