

Sistemas Agro-ambientais

An aerial photograph showing a vast landscape with a mix of green agricultural fields, dark green forested areas, and a small town or village in the distance. The foreground is a brownish, grassy field with a fence line. The sky is blue with some light clouds.

2ª parte

Paulo Monjardino

Produção agrícola

Características intrínsecas das plantas e animais:

- Genéticas
- Fisiológicas
- Adaptabilidade ao ambiente circundante
- Resistência/ tolerância a pragas e doenças

Condições ambientais:

- Clima
 - Temperatura
 - Precipitação
 - Vento
 - Humidade relativa
 - Radiação
- Solo
 - Fertilidade
 - pH
 - Salinidade
 - Toxicidade
 - Retenção de água
 - Drenagem
 - Profundidade

Intervenção humana:

- Manipulação genética
 - Produtividade
 - Adaptabilidade
 - Qualidade
 - Resistência a pragas e doenças
- Escolha de culturas e cultivares e forma como são cultivadas
- Escolha de espécies e raças e forma como são criadas
- Equipamentos e construções
- Condições económicas
- Condições financeiras

A tomada de decisão é feita com base na observação, avaliação de alternativas, escolha e ação, e está fortemente ligada à incerteza, que, por sua vez, está associada à variabilidade ambiental (clima e solo), variabilidade biológica (diferentes espécies e cultivares e ocorrência de pragas e doenças) e variabilidade do mercado (preços dos produtos e dos fatores). Ao longo dos anos tem-se verificado na agricultura, nomeadamente nas regiões cujas condições de produção são mais desfavoráveis, que há uma tendência nítida para diminuir o risco.

Para o efeito tomam-se diversos tipos de decisões, que variam conforme o nível em que se enquadram:

- a) Operacionais (poda, fertilização, rega, sementeira, aplicação de pesticidas, sacha, ordenha, tosquia, etc.).
- b) Táticos (cultura e cultivar, superfície de cultivo, raça animal, rendimento objetivo, níveis de fatores de produção, etc.).
- c) Estratégicos (infraestruturas, rotações, sistema de manejo animal, sistemas de mobilização, aquisição de informação, etc.).

Estratégia

Inseminação artificial

Tática

Plano de melhoria do efetivo pecuário:

- Objetivos de produção;
- Características de gado que detém;
- Escolha dos touros reprodutores;

Operacional

Registo de partos;
Calendário de reprodução dos seus animais;
Sistema de vigilância de vacas em cio;
Stock de sémen;
Disponibilidade de técnico para efectuar este trabalho

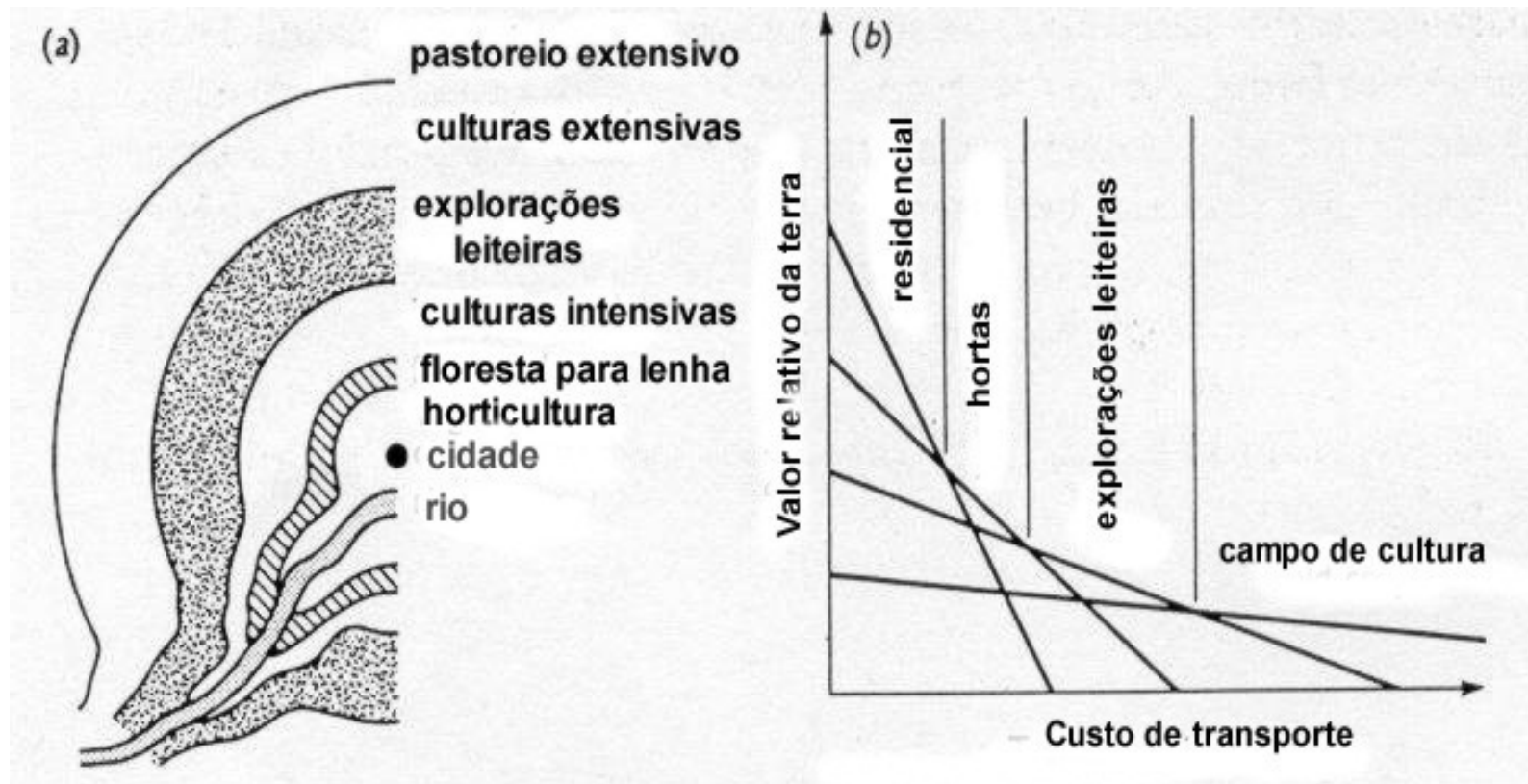
Fontes de apoio para a tomada de decisão

- Experiência do agricultor;
- Investigação;
- Experimentação;
- Transferência de tecnologia;
- Informação comercial;
- Modelos de simulação de crescimento, de sistemas de apoio à decisão e sistemas periciais.

Decisões culturais

- Nível da folha de cultura, tendo em conta as condições ambientais, como a topografia, solo e clima, e de ordenamento.
- Nível da exploração agrícola, consideram-se as necessidades, como a alimentação animal, as rotações, etc., e as disponibilidades, como o capital, tecnologia, mão-de-obra, etc..
- As estratégias e táticas dos agricultores são condicionadas pelo mercado

A Agricultura desenha a paisagem



- Uso concêntrico da terra à volta de um hipotético centro urbano baseado no custo e frequência de transporte de produtos agrícolas, de acordo com o conceito de van Thunen.
- Valor da terra em função dos custos de transporte (Haggett, 1979).

Lisboa



- | | |
|---|---|
|  cidade |  culturas intensivas |
|  horticultura |  fruteiras |
|  floresta |  culturas extensivas |
|  Produção leiteira |  pastoreio extensivo |

Produção hortícola sob coberto



Produção silvícola



Produção leiteira



Produção frutícola e vitivinícola



Produção hortícola intensiva ao ar livre



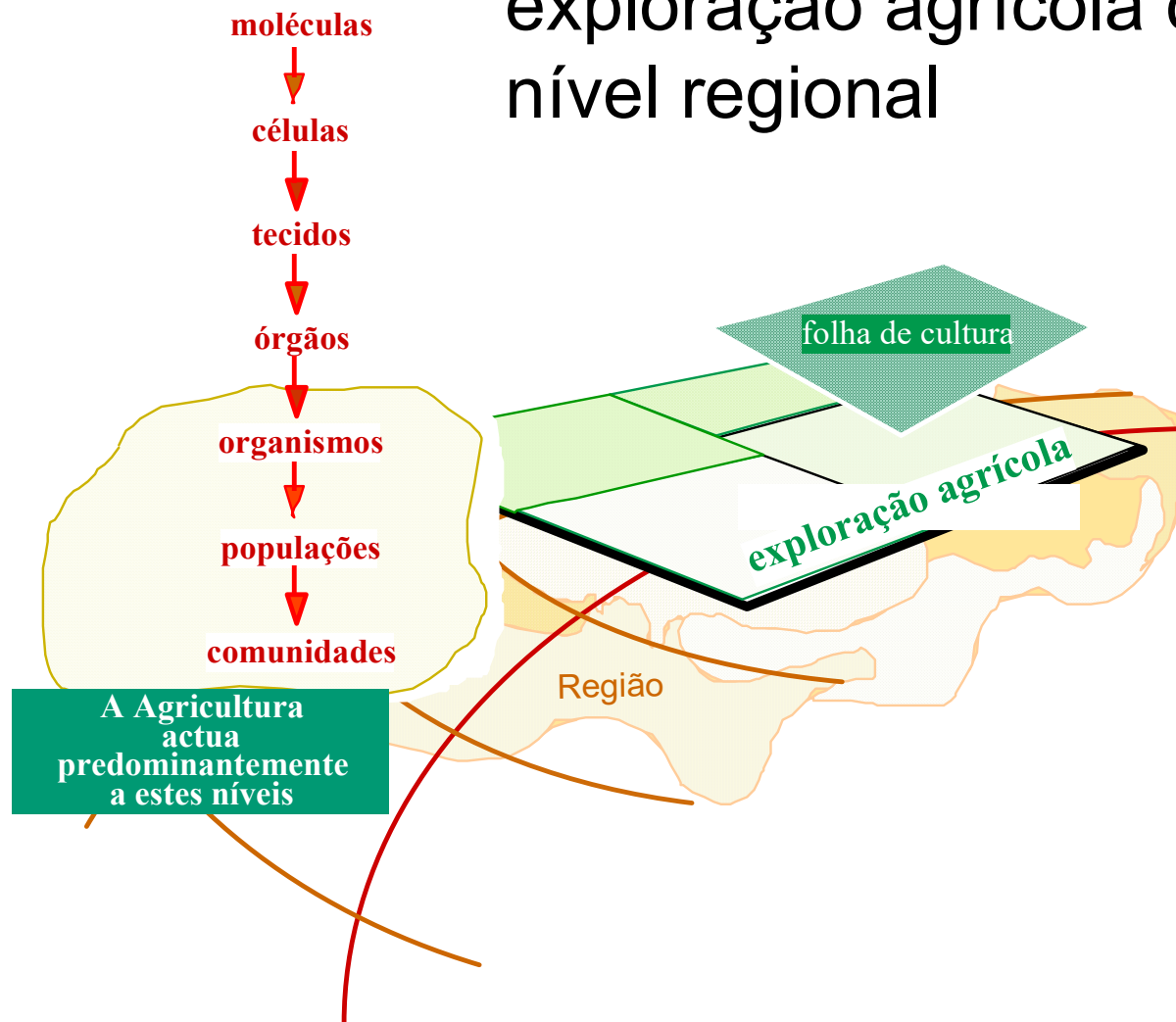
Produção cerealífera extensiva



Produção animal extensiva



A agricultura funciona como um sistema, podendo ser considerada ao nível da folha de cultura, da exploração agrícola ou até mesmo a nível regional



Sistemas de produção em agricultura

1. **Sistemas de culturas** que se expressam ao nível da folha de cultura (cropping systems)
2. **Sistemas de exploração da terra** que se expressam ao nível da exploração agrícola (farming systems)
3. **Sistemas de agricultura** que se expressam ao nível da região, no pressuposto de haver alguma uniformidade entre os sistemas de exploração da terra a nível regional (agricultural systems)

A forma como os sistemas são apresentados pressupõe uma hierarquia, em que os sistemas de agricultura ditam grosso modo a forma como os sistemas de exploração da terra e os de culturas se podem expressar.

Por exemplo, num sistema de agricultura de regadio tem-se de considerar sistemas de exploração da terra com controlo parcial ou total das condições ambientais e os sistemas de culturas que têm acesso a regadio com ou sem restrições, assim como em parte ou na totalidade das parcelas.

Sistemas de culturas

Sequência temporal de culturas, pastagens e respectivas práticas culturais em campos de cultivo.

São sistemas definidos ao nível da folha de cultura, onde se fazem suceder culturas de acordo com variados meios técnicos e condicionalismos.

Em zonas onde predomina o latifúndio



As parcelas frequentemente têm 1 a 100 ha



Argentina, Austrália, Brasil, EUA, Europa, partes de África e da Ásia, etc.

Em zonas onde predomina o minifúndio



As parcelas frequentemente têm 1 ha ou menos



Bangladesh, China, Filipinas, Índia, Indonésia, partes de África e da América do Sul, Vietname, etc.

Os sistemas de culturas podem ser divididos em

- Relação à sucessão de culturas:
 - Monocultura
 - Sequência de culturas
 - Rotações
 - Pousio
- Relação às práticas culturais:
 - Sistemas de preparação do solo
 - Sistemas de mobilização do solo
 - Aplicação de corretivos
 - Com recurso ao regadio

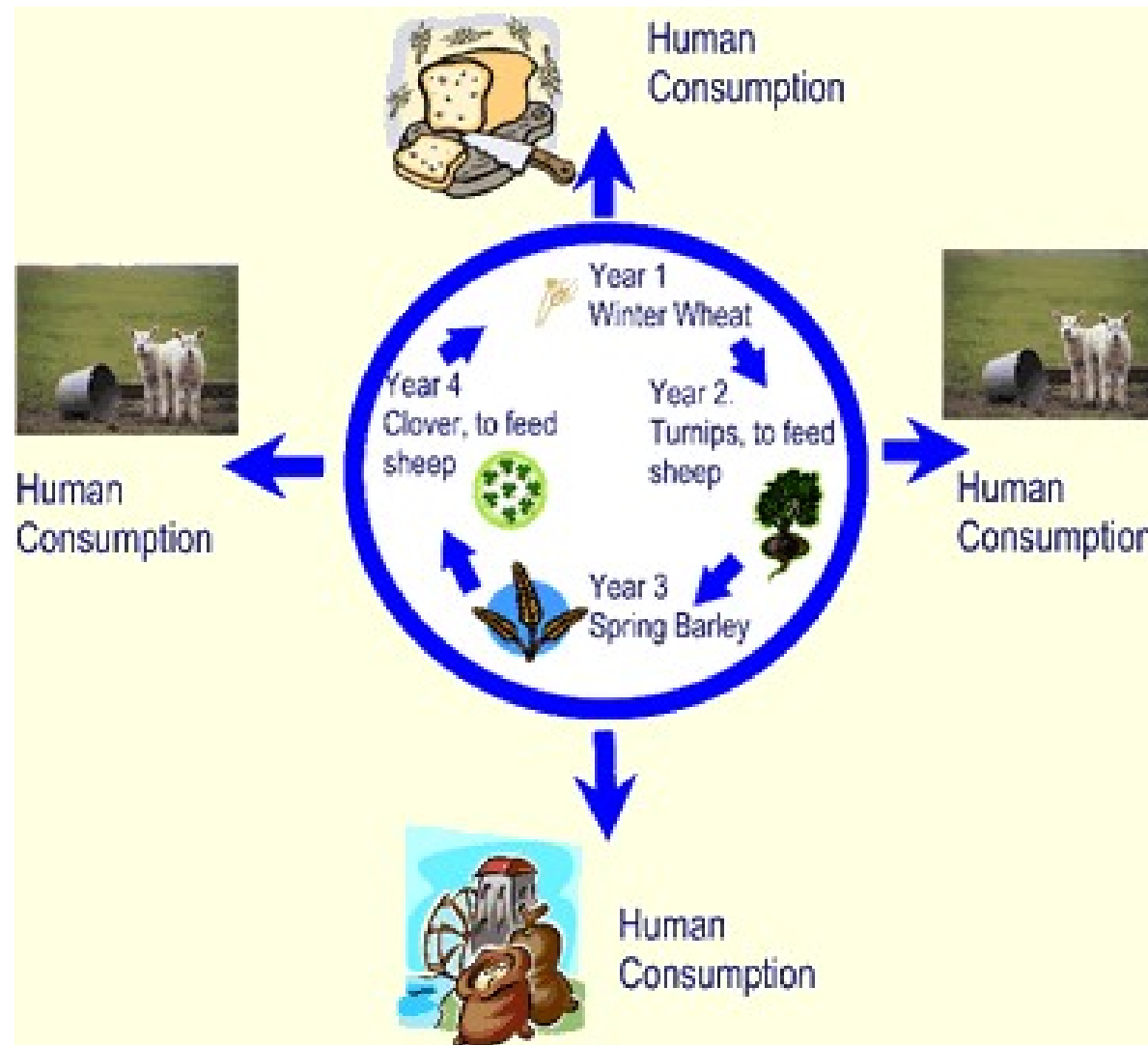
Sucessão de culturas

- **Monocultura:** sucessão da mesma cultura por si mesma e por tempo ilimitado no terreno.
- **Sequência de culturas:** consiste em fazer alternar culturas de exigências diferentes, segundo determinada ordem, com o fim de manter o terreno convenientemente limpo de infestantes, pragas e doenças no mais equilibrado estado de fertilidade, sem o deixar degradar nem enriquecê-lo excessivamente.

Rotação de culturas

2.82 — Rotação cultural: sequência espacial e temporal de determinadas culturas, visando a melhoria da qualidade do solo (física, química e biológica) e um melhor controlo de pragas e doenças, com redução dos tratamentos fitossanitários.

Rotação C-S-C-L de Norfolk



Rotação

Sequência (tempo) Afolhamento (espaço)	1º ano XXI IV VIVII IX	2º ano XXI IV VIVII IX	3º ano XXI IV VIVII IX	4º ano XXI IV VIVII IX
1ª folha	Milho -----	Trigo -----	Fava -----	Cevada -----
2ª folha	Cevada -----	Milho -----	Trigo -----	Fava -----
3ª folha	Fava -----	Cevada -----	Milho -----	Trigo -----
4ª folha	Trigo -----	Fava -----	Cevada -----	Milho -----

Rotação de culturas em faixas dispostas segundo as curvas de nível ou de culturas sem uma distribuição específica



Características a considerar nas culturas duma rotação

- Exigências climáticas afins, pelo que mesmo que sejam cultivadas em épocas do ano diferentes, possam sê-lo no mesmo local;
- Culturas com técnicas de produção semelhantes ou complementares;
- Objetivos comerciais semelhantes ou complementares;
- Suscetibilidade a pragas e doenças distintas;
- Separação de culturas de regadio das de sequeiro;

Características a considerar nas culturas duma rotação

- Separação das culturas de sementeira direta das demais;
- Preferencialmente com sistemas diferentes de controlo de infestantes;
- Técnicas culturais comuns total ou parcialmente, sendo importante que possam partilhar a maior parte dos equipamentos agrícolas;
- Suscetibilidades distintas a fatores adversos como a erosão dos solos e mineralização da matéria orgânica.

Vantagens de sequências de culturas e rotações relativamente à monocultura

- Poder dificultar a progressão de pragas e doenças;
- Menor tendência para ter problemas com infestantes
- Maior distribuição do rendimento;
- Permitir uma melhor preparação do solo;
- Desenvolvimento de sistemas mais eficazes no combate à erosão;
- Manter uma repartição mais conveniente do trabalho durante todo o ano;
- Permitir diversificar o tipo de produto obtido;
- Minimizar os riscos associados às condições climáticas.
- Ajudar a manter a fertilidade dos solos e diminuir a possibilidade de danos devido a más fertilizações.

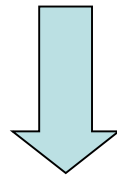
Desvantagens de rotações relativamente à monocultura

- Menor especialização de mão de obra;
- Maior diversificação do trabalho;
- Alternância de culturas de maior rendimento com outras de menor valor;
- Maior quantidade de máquinas.

Desvantagens de rotações relativamente às sequências de culturas

- Parcelas subdimensionadas
- Menor especialização do trabalho
- Maiores cuidados e atenção

Atualmente nos sistemas de culturas dos países economicamente mais desenvolvidos, o número de culturas de eleição tem vindo a diminuir, sendo dada particular ênfase às culturas de maior rentabilidade.



Os sistemas de culturas tendem a especializar-se, ou seja, os de cariz agropecuário tendem a manter-se exclusivamente neste sector, o mesmo se aplicando às culturas para grão, viticultura, fruticultura e horticultura extensiva, enquanto que nas zonas de minifúndio e de agricultura de subsistência há uma tendência para maior diversificação.

Tanto a monocultura como a rotação são dependentes da possibilidade das culturas sucederem-se a si mesmas (**período de recorrência = período ao fim do qual uma cultura pode suceder-se a si mesma**) e do **efeito que uma cultura pode ter sobre a que lhe segue (precedente cultural)**.

Assim sendo, os efeitos produzidos podem ser significativos ou nulos, daí que quando se vai avaliar a produtividade de uma determinada cultura, não só se atenda aos fatores presentes durante o seu desenvolvimento, como de todo o contexto em que ela se insere.

Normalmente uma dada cultura é um mau precedente cultural de si mesma, pelo que o período de recorrência tende a ser igual ou superior a 2 anos.

Tipos de culturas

- **Culturas melhoradoras:** deixam o terreno em melhores condições do que as que existiam antes do seu cultivo;
- **Culturas esgotantes:** deixam o terreno em piores condições do que as que existiam antes do seu cultivo;
- **Culturas sufocantes:** rápido crescimento e grande densidade de povoamento, capazes de sufocar a vegetação espontânea e proteger o solo da erosão;
- **Culturas liquidadoras:** pouco exigentes, capazes de se abastar com o excesso de fertilidade residual;
- **Consociações de culturas:** prática de duas ou mais culturas em simultâneo;

Tipos de culturas

- **Cultura estreme:** cultura praticada individualmente;
- **Culturas intercalares:** culturas que não terminando o seu ciclo de vida, ocupam a terra por períodos em que esta está desocupada das culturas principais;
- **Culturas encadeadas:** numa sequência cultural estão parcialmente sobrepostas;
- **Culturas de proteção:** cobertura de proteção ao solo, quando o risco de degradação é acentuado;
- **Culturas para siderar:** produzir biomassa para incorporação no solo.

Pousio

Período durante o qual os terrenos deixam de ser cultivados, cuja vegetação é controlada, frequentemente, por pastoreio, podendo a sua duração ser anual ou plurianual.

Prática utilizada antes do recurso às rotações como forma de regenerar a fertilidade do solo.

Hoje em dia, embora com uma importância limitada, há várias razões pelas quais ainda se pratica o pousio.

Pousio

2.80 — Pousio agronómico: terra arável que esteve destinada à produção vegetal e que, no ano em curso, é mantida em boas condições agrícolas e ambientais, nomeadamente ao nível do controlo da vegetação espontânea, de modo a ser possível tornar a parcela novamente produtiva.

Razões atuais para a prática do pousio

- Terras pobres que não possam ser fertilizadas racionalmente à base de matéria orgânica, em sistemas extensivos.
- Medida conservativa do solo, nomeadamente em zonas declivosas.
- População escassa relativamente à terra arável.
- Mercados distantes (baixo valor da terra).
- Produtos excedem as necessidades de consumo.

Nº de culturas praticadas	Realização de um pousio (1 ou mais anos)	Espaço onde ocorre	Ciclo de tempo (anos)	Designação
1 única	não	Uma única parcela	1	Monocultura
	sim		Variável (1 + nº de anos do pousio)	Monocultura com pousio
2 ou mais	não		Tantos anos quanto as culturas	Sequência de culturas
	sim		Tantos anos quanto as culturas + o pousio	Sequência de culturas com pousio
	não	Tantas parcelas (folhas) quantas as culturas	Tantos anos quanto as culturas	Rotação de culturas
	sim	Tantas parcelas (folhas) quantas as culturas + pousio	Tantos anos quanto as culturas + o pousio	Rotação de culturas com pousio

Práticas culturais

- Sistemas de preparação do solo:
 - Regularização e manutenção do relevo
 - Drenagem
 - Despedrega
 - Desmatação
- Sistemas de mobilização do solo:
 - Mobilização clássica
 - Mobilização reduzida ou de conservação
 - Mobilização mínima ou sementeira direta
 - Não mobilização (zero mobilização)

Práticas culturais

- Aplicação de corretivos (pontual ou regularmente):
 - Orgânicos
 - Minerais
- Com recurso ao regadio:
 - Regadio (vários sistemas)
 - Sequeiro (níveis diversos de défices hídricos)
 - Clima e solo
 - Culturas, dependendo da evapotranspiração e da época em que são cultivadas

Condicionantes dos sistemas de culturas

- **Ambientais** (clima e solo);
- **Estruturais** (estatuto de posse da terra, vias de acesso e disponibilidade de rega);
- **Económicas** (valorização de produtos, crédito);
- **Específicas das próprias explorações** (grau de mecanização, área);
- **Preferências pessoais** (evolução tecnológica, definição das estratégias da exploração).

Clima

- Temperatura
- Precipitação
- Vento (velocidade, direcção e intensidade)
- Humidade relativa
- Radiação solar
- Geada
- Temperatura x vento
- Temperatura x humidade relativa

Solo

- Declive
- Profundidade
- Pedregosidade
- Afloramentos rochosos
- Microrelevo
- Textura
- Fertilidade
- Rácios entre nutrientes
- pH
- Salinidade
- Níveis tóxicos de elementos

TABELA DE CAPACIDADE DE USO DO SOLO

Classes aptidão agrícola	I	II	III	IV	V	VI	VII
Declive (%)	<3	<10	<20	<20	<30	<50	qq
Profundidade (cm)	>90	>60	>30	>30	>30	qq	qq
Textura	eq.	eq.	eq.	qq	qq	qq	qq
Pedregosidade Ø<25 cm (%)	nula	<10	<20	<50	qq	qq	qq
Pedregosidade Ø>25 cm (%)	nula	nula	<3	<10	<25	qq	qq
Afloramentos rochosos	nulo	<2	<10	<25	<50	qq	qq
Encharcamento	nulo	nulo	pouco	pouco	pouco	qq	qq
Microrelevo	nulo	nulo	fraco	mod.	mod.	acent.	acent.

Clima/solo

- Balanço hídrico do solo
- Armazenamento de água no solo
- Tendência para o encharcamento do solo
- Temperatura do solo
- Erodibilidade dos solos
- Etc.

Orientação da produção agrícola de acordo com factores ambientais

Temperatura	Topografia	Deficit em água	Possibilidades de rega	Comportamento físico do solo	Orientação	
Insuficientes Suficientes p/ satisfazer exigências da cultura	muito acentuado > 15%	elevado	reduzidas	normal	1	
			médias ou boas	normal	2	
			baixo	reduzidas	normal	2
	frequentemente acidentado 8-15%	elevado	reduzidas	normal	4	
			médias	deficiente	3	
			boas	normal	5	
	plano ou pouco elevado 0-3%	baixo	reduzidas	normal	4	
			médias	normal	5	
			baixo	reduzidas	normal	4
				médias	normal	5

1. Orientação forrageira extensiva, floresta;

2. Orientação menos extensiva:

- Área importante dedicada à cultura forrageira;
- Algumas possibilidades para culturas arvenses, nomeadamente cereais de Inverno;
- Certas culturas especiais (oliveiras, vinha, etc.) e floresta.

3. Orientação baseada em:

- Rotação forragem-cereal;
- Possibilidade de culturas de Verão;
- Culturas especiais possíveis (vinha).

4. Orientação com:

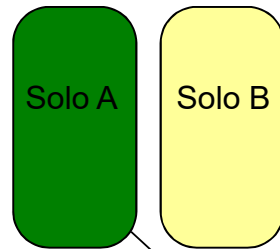
- Área importante para vinha;
- Culturas forrageiras, cereais de Inverno, oleoginosas;
- Área dedicada às culturas de Verão muito reduzida.

5. Largas possibilidades de cultura:

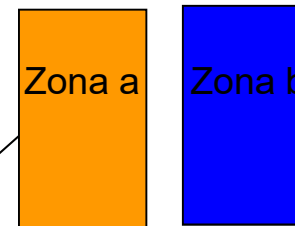
- Culturas forrageiras diversas;
- Cereais de Inverno e de Primavera, oleoginosas;
- Culturas de Verão;
- Culturas especiais variadas.

Zonagem agroecológica

Caracterização edáfica



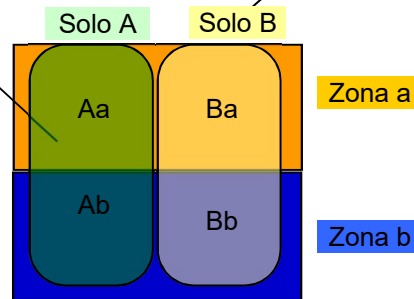
Caracterização climática



Isolinhas:

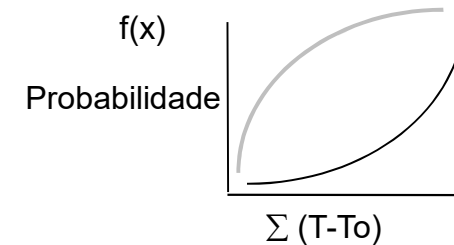
Precipitação
Temperatura
Datas de ocorrência da 1.ª e última geada
Duração da estação de crescimento f (temperatura)

Zonas Agroecológicas



Tratamento estatístico de acontecimentos meteorológicos determinantes na produção

A zonagem agroecológica sobrepõe várias características ambientais orientadas para a estimativa de um potencial agronómico



Cartas de capacidade de uso

Macrozonagem

Avaliação das exigências edafo-climáticas da cultura

Condições edafo-climáticas da zona

Parâmetros agro-edafo-meteorológicos fundamentais (cartas de isoquantas)

Determinação do ciclo cultural provável

**Carta zonal
MACROZONAGEM**

Avaliação das necessidades climáticas da cultura do milho, a saber:

- Temperatura mínima = 10°C
- Σ °dia (temperatura base = 6 °C)

FAO 100 – 200.....	1500 °dia
FAO 200 – 300.....	1500 – 1690 °dia
FAO 300 – 400.....	1690 – 1880 °dia
FAO 400 – 500.....	1880 – 1970 °dia
FAO 500 – 600.....	1970 – 2060 °dia
FAO 600 – 700.....	2060 – 2250 °dia
FAO 700 – 800.....	2250 – 2340 °dia
FAO 800 – 900.....	2340 – 2530 °dia

- Intolerância à geada

Avaliação das condições climáticas

Teste X^2 de aderência à Normal

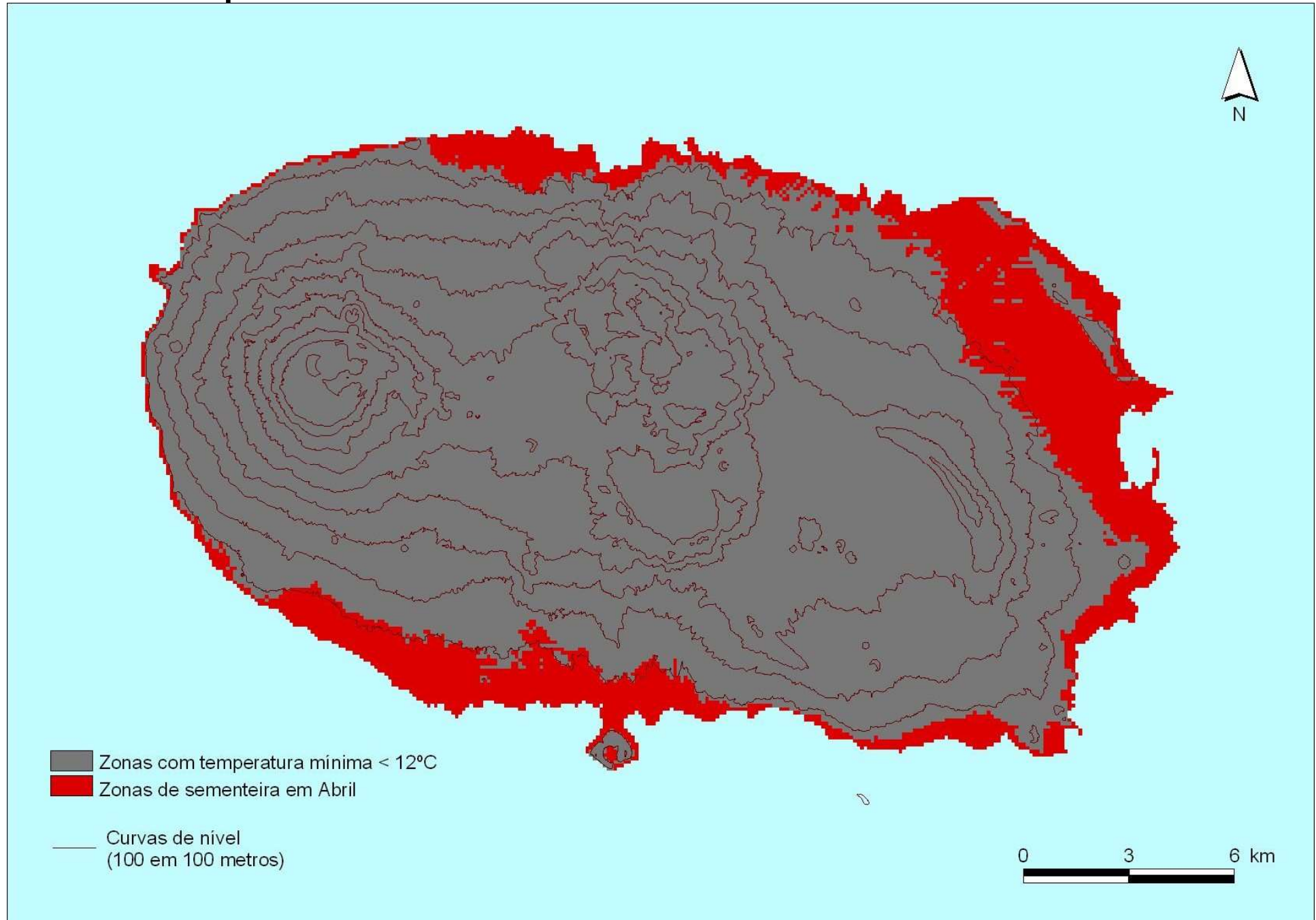
H_0 : x tem distribuição normal
 H_1 : x não tem distribuição normal

Se aceita H_0 → análise probabilística
Se rejeita H_0 → análise de frequências
(ex: decis)

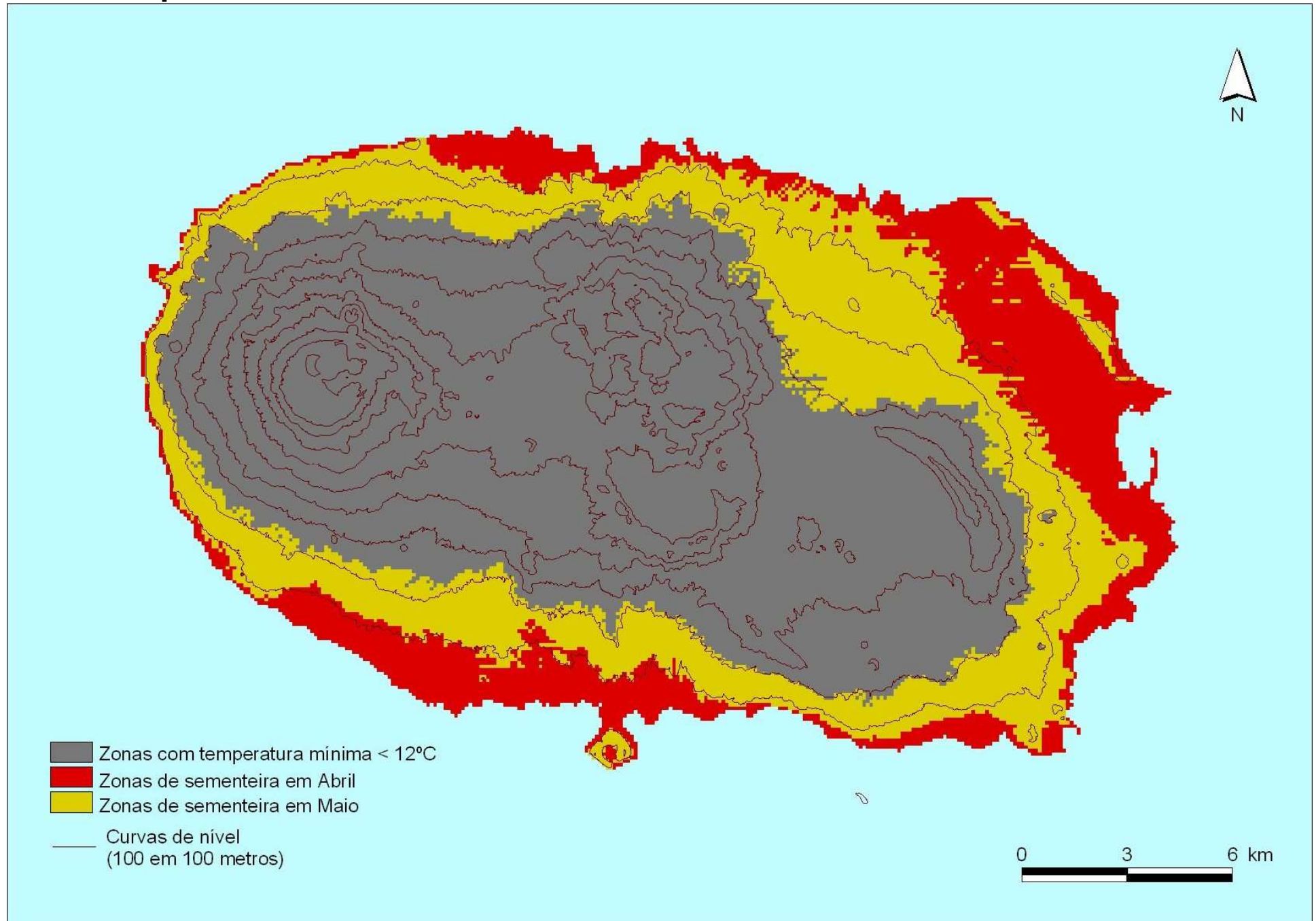
Com base na experiência desta cultura em Angra e nas Lajes onde há registos climáticos há mais de 90 anos e sabendo que Abril é o mês mais favorável para a sementeira, verificou-se nessas localidades que a temperatura mínima média que lhes está associada é de 12°C , a probabilidade da temperatura média mínima ser $\geq 11^\circ\text{C}$ é de $\approx 95\%$ e a temperatura mínima absoluta é $\approx 10^\circ\text{C}$

Aplicar este critério ao modelo de simulação climática CIELO sob suporte SIG

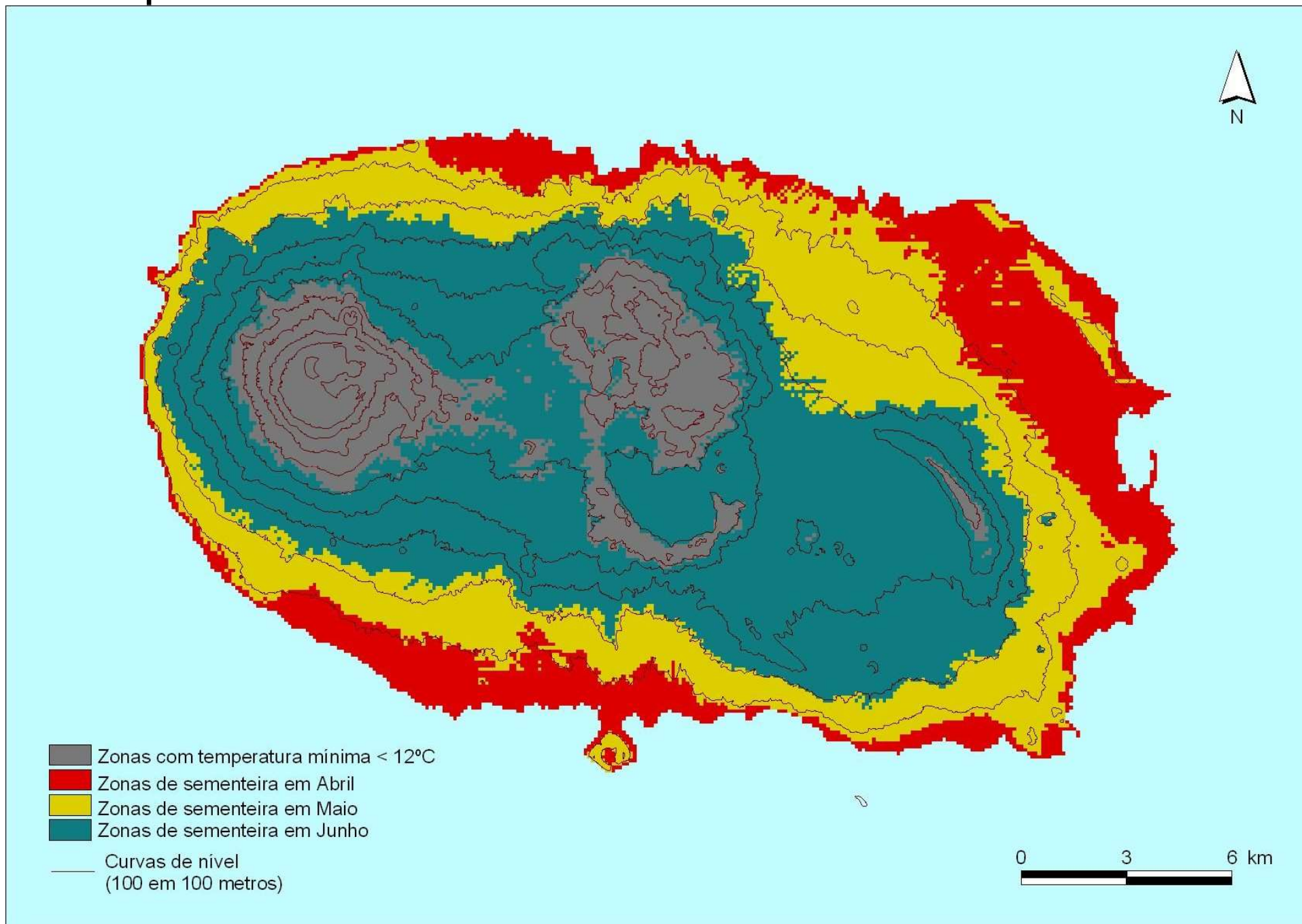
Temperaturas mínimas de Abril na Ilha Terceira



Temperaturas mínimas de Abril-Maio na Ilha Terceira



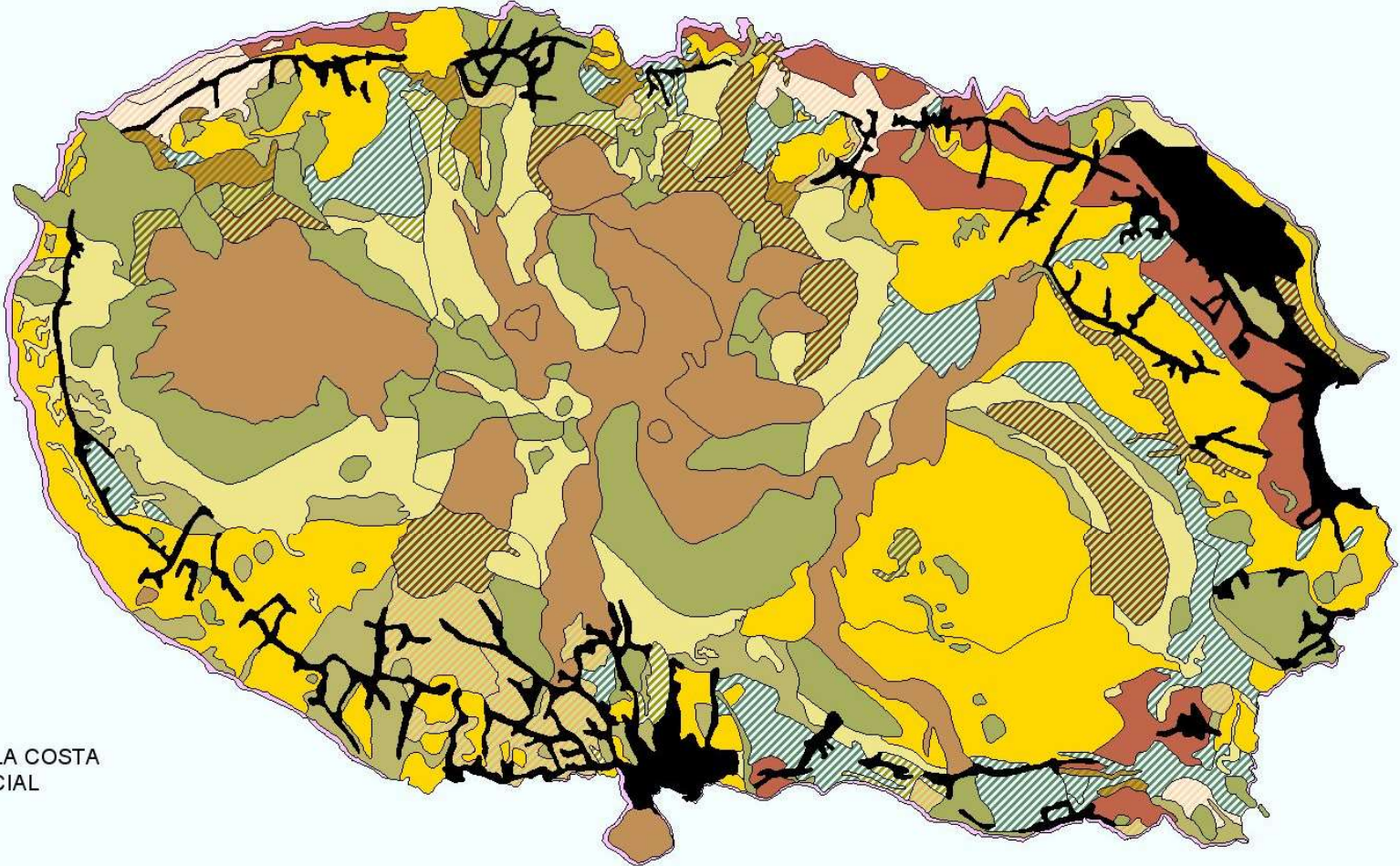
Temperaturas mínimas de Abril-Junho na Ilha Terceira



Solos

- Utilização da carta de capacidade de uso dos solos da Ilha Terceira;
- Estabelecimento das classes de capacidade de uso I, II e III como as que têm aptidão cultural para a cultura do milho, tendo impacto no:
 - Balanço hídrico do solo,
 - Suscetibilidade do solo à erosão,
 - Possibilidade de se poder mobilizar os solos regularmente e de efetuar outras operações agrícolas,
 - Tendência para encharcamento,
 - etc..
- Declive de solo $\leq 15\%$.

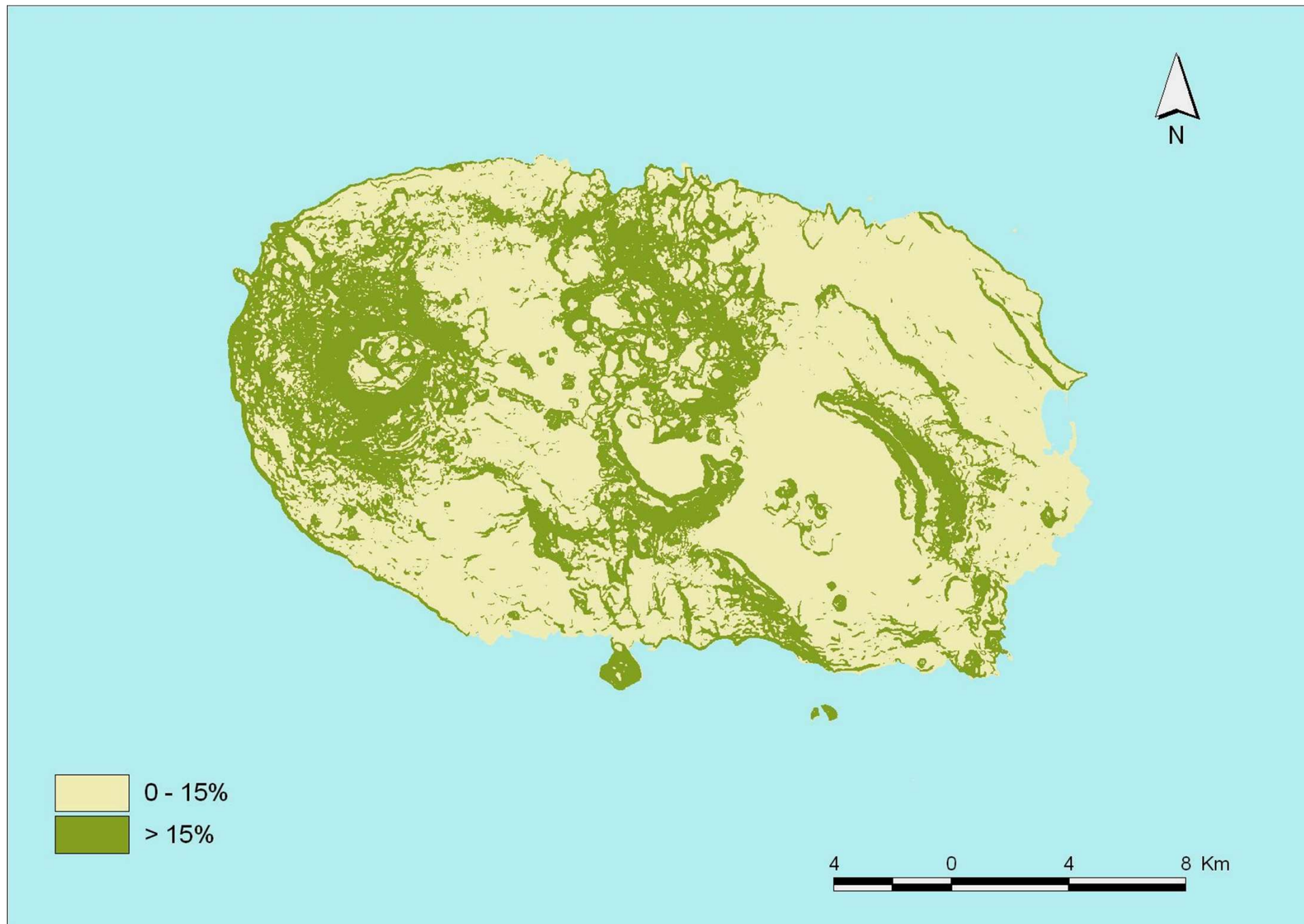
Carta de Capacidade de Uso do Solo



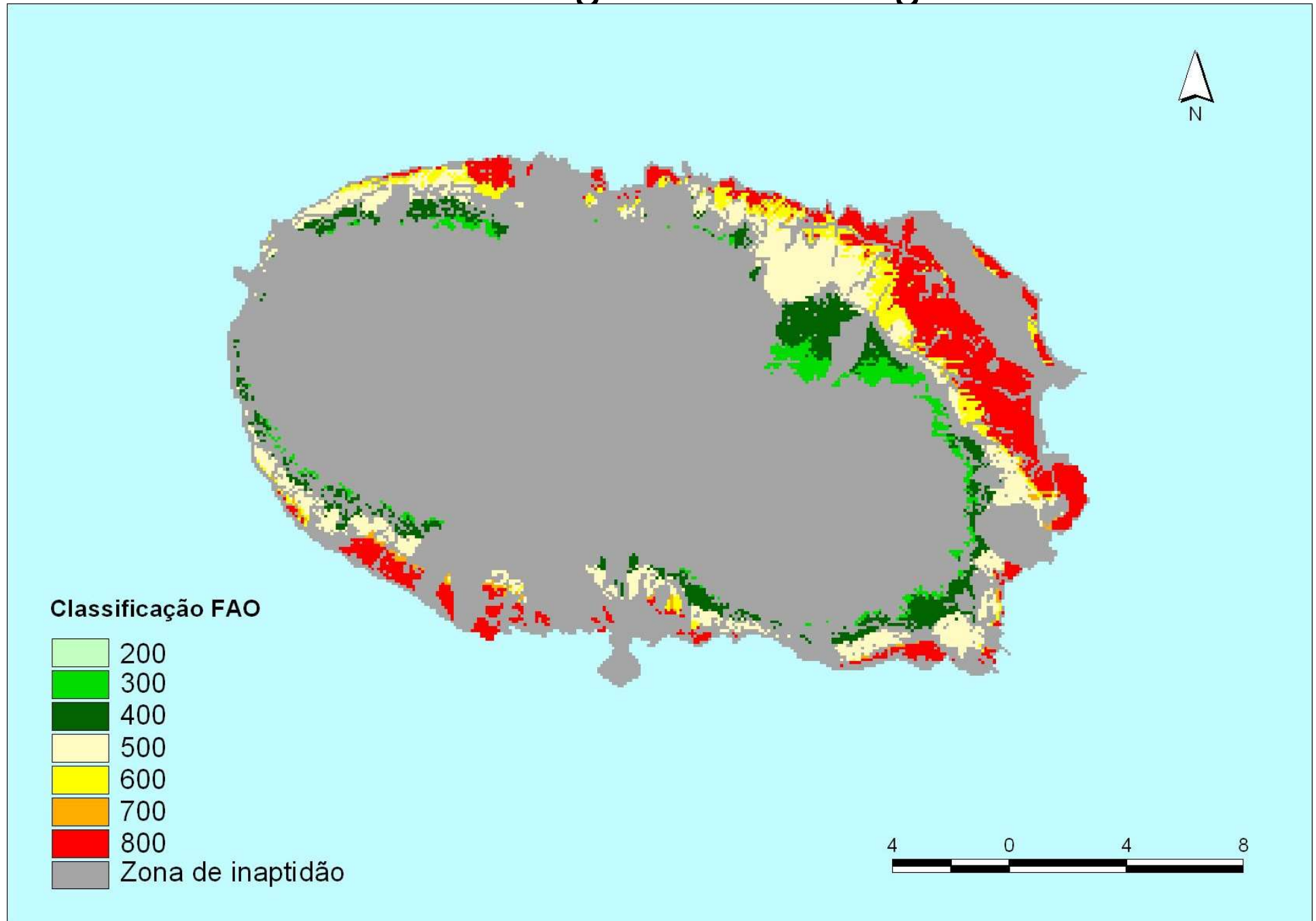
- Classes
- II
 - III
 - IV
 - IX
 - ORLA COSTA
 - SOCIAL
 - V
 - VI
 - VII
 - VIII
 - X
 - XI
 - XII
 - XIII
 - XIV
 - XV
 - I



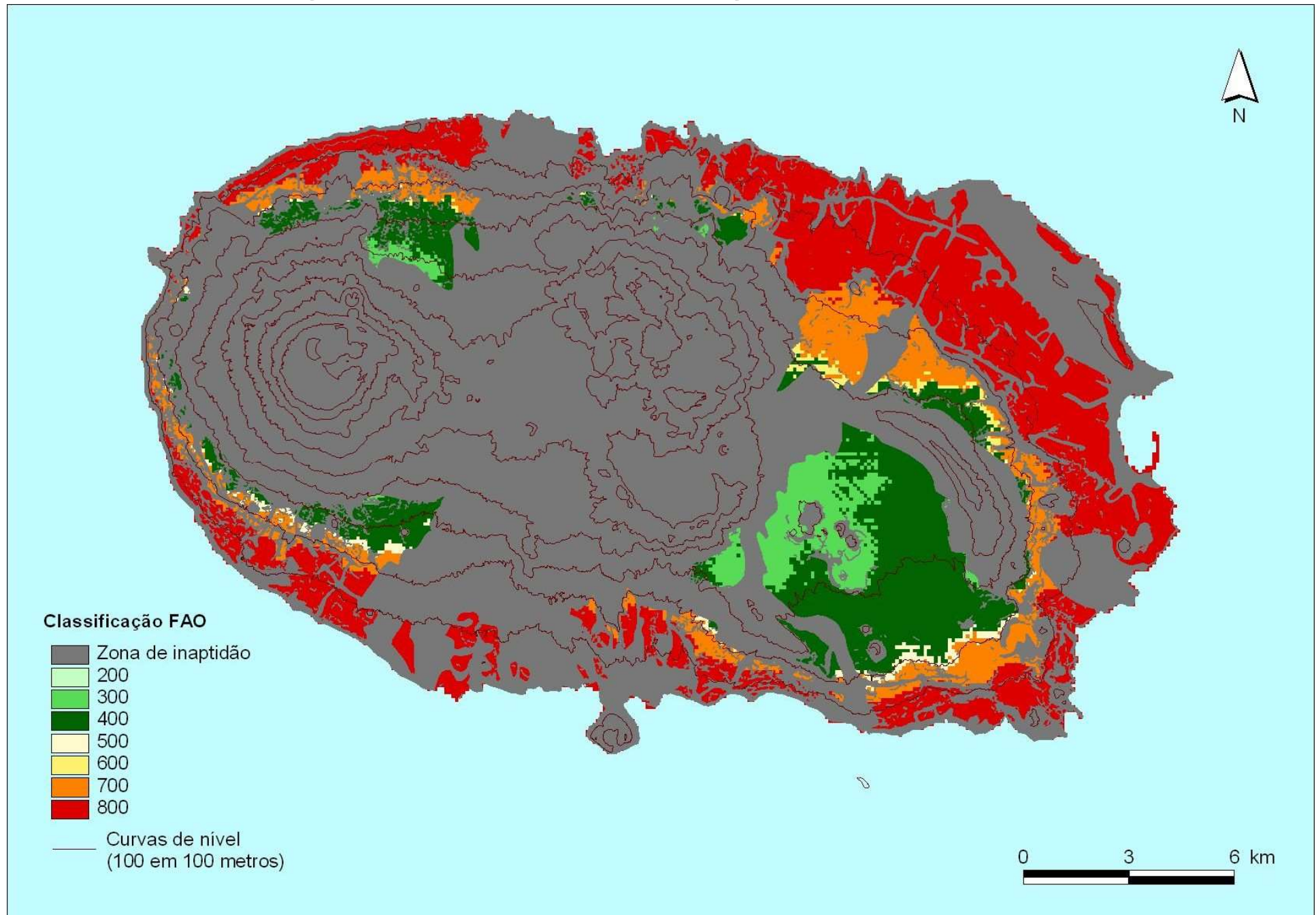
Carta de declive do solo



Macrozonagem de milho grão



Macrozonagem de milho forragem/classe precocidade



MACROZONAGEM

```
graph TD; A[MACROZONAGEM] --> B[Investigação e experimentação]; A --> C[Dados meteorológicos mais detalhados e tratamento de dados]; B --> D[Parâmetros agro-edafometeorológicos fundamentais (cartas de isoquantas)]; C --> D; D --> E([MICROZONAGEM]); E --> F([SISTEMA]);
```

Investigação e
experimentação

Dados meteorológicos mais
detalhados e tratamento de dados

Parâmetros agro-edafometeorológicos
fundamentais (cartas de isoquantas)

MICROZONAGEM

SISTEMA

Sistemas de exploração da terra

Sistemas que ponderam as culturas praticadas, o gado (se houver) e as práticas culturais ao nível da exploração agrícola.

Como as explorações agrícolas são unidades económicas que têm de ser viáveis, tem de se considerar:

- a) O retorno económico e financeiro,
- b) A qualidade de vida que proporciona aos agricultores,
- c) A vontade e capacidade de investir e obter retorno do capital,
- d) O valor residual,
- e) A intenção de perpetuar a posse na família
- f) A transmissão do conhecimento entre gerações.

Sistemas de exploração da terra

A disponibilidade de capital e mão de obra, o conhecimento existente e a perspectiva de retorno financeiro, ditam o risco que se está disposto a correr, as culturas e as respetivas práticas culturais, o grau de intensificação e a expectativa de produção.

Ao nível da exploração agrícola a interação entre todas as parcelas e respetivas práticas agrícolas são melhor compreendidas, nomeadamente quando se recorre a sistemas agropecuários em que a reciclagem de nutrientes é explorada mais intensivamente.

Os sistemas de exploração da terra são divididos relativamente:

- Ao enquadramento económico:
 - Agricultura de subsistência
 - Agricultura comercial
 - Agricultura empresarial
 - Agricultura contratual e planeada
- Ao emprego de recursos renováveis:
 - Agricultura convencional
 - Agricultura ecológica
 - Sistemas mistos
- À mecanização:
 - Mecanização total
 - Manual/tração animal
 - Misto

Os sistemas de exploração da terra são divididos relativamente:

- Ao controlo das condições ambientais:
 - Sem controlo
 - Total
 - Parcial
- À produção pecuária
 - Pecuário exclusivo
 - Agropecuário estabulado
 - Agropecuário com pastoreio parcial ou exclusivo
 - Sistemas mistos dos anteriores

Sistemas de exploração da terra – enquadramento económico

- Agricultura de subsistência
- Agricultura comercial
- Agricultura empresarial
- Agricultura contratual e planeada

Agricultura de subsistência

- ✓ Sistema em que a produção é predominantemente para auto consumo;
- ✓ Diversificada segundo os condicionamentos ambientais e preferências pessoais;
- ✓ A empresa e a mão-de-obra são familiares;
- ✓ O rendimento dos agricultores é baixo e exclusivamente obtido neste sector;
- ✓ Algumas sobras da produção são transaccionadas com vista a poder adquirir bens não providenciáveis pela actividade agrícola;
- ✓ Predomina o minifúndio.

Agricultura de subsistência

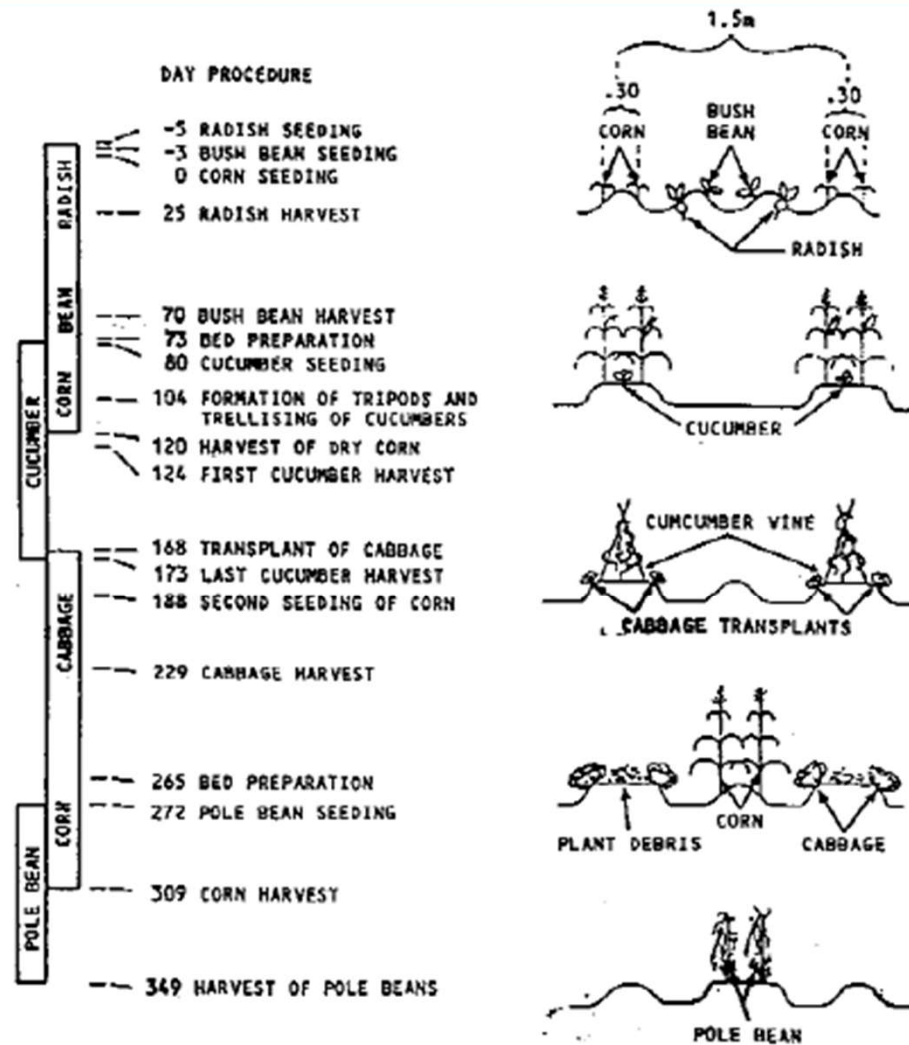


FIGURE 6. Basic multiple cropping system developed for El Salvador. (From Hildebrand, P. E., *Multiple Cropping*, ASA Spec. Publ. 27, American Society of Agronomy, Madison, Wis., 1976, 347-371. Reprinted by permission of the publisher — American Society of Agronomy, 677 S. Segoe Road, Madison, WI 53711.)

Agricultura comercial

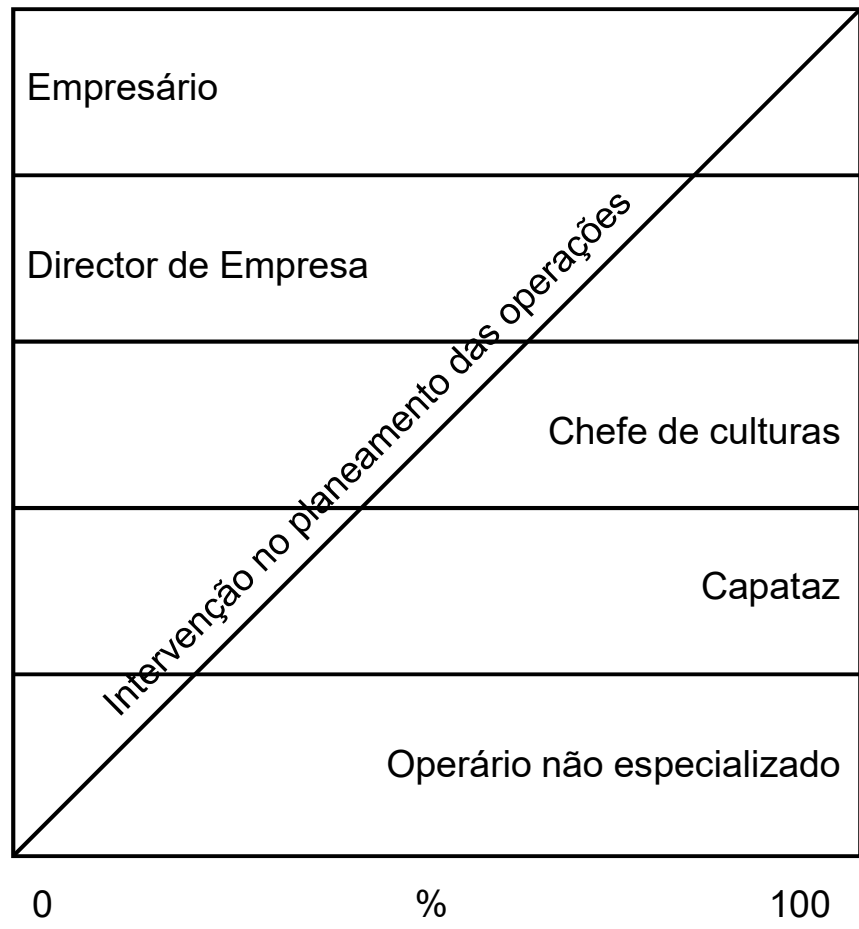
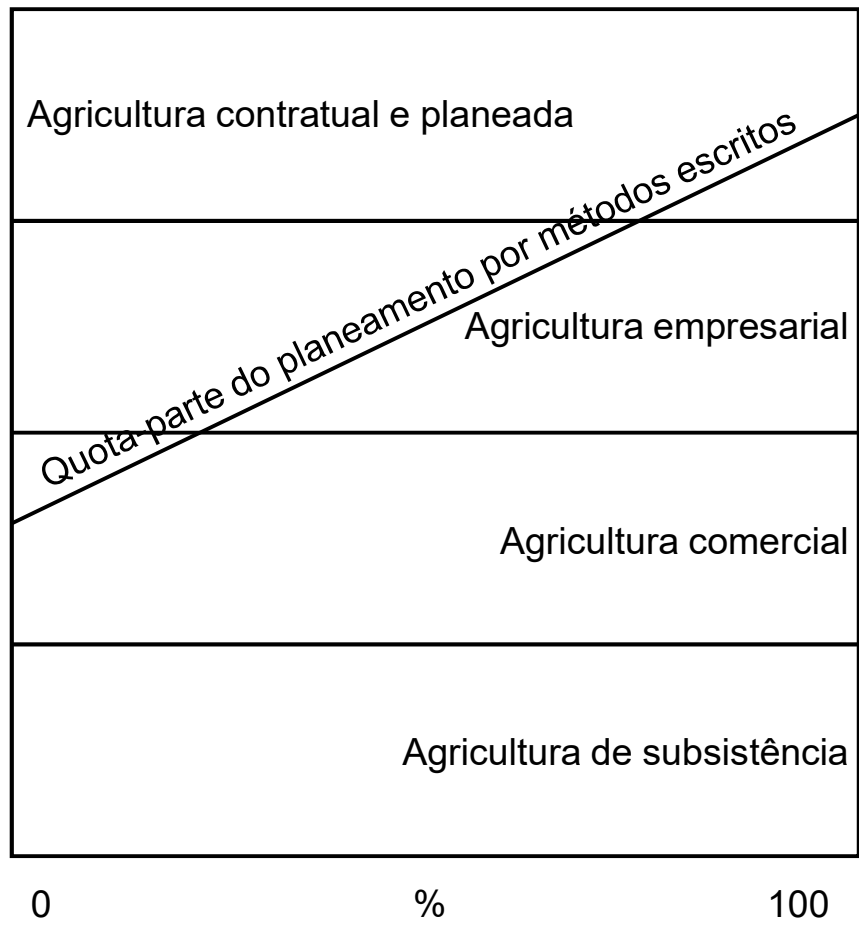
- ✓ Sistema em que a produção é predominantemente para comercialização com terceiros;
- ✓ A diversificação de produtos é menor do que na agricultura de subsistência, embora ainda produza uma pequena fração para autoconsumo;
- ✓ As condicionantes económicas e ambientais ditam os sistemas de produção e de culturas;
- ✓ A empresa e a mão-de-obra são predominantemente familiares;
- ✓ Há maior equilíbrio na rentabilidade deste sector com os demais, embora tenda a ser mais baixo;
- ✓ A dimensão das explorações é média.

Agricultura empresarial

- ✓ Sistema exclusivamente virado para a comercialização com terceiros;
- ✓ A diversificação de produtos é normalmente limitada;
- ✓ A empresa pode ou não ser familiar;
- ✓ A mão-de-obra é contratada;
- ✓ Há frequentemente paridade de rendimento deste sector com os demais;
- ✓ A dimensão das explorações é elevada.

Agricultura contratual e planeada

- ✓ Sistema exclusivamente virado para a comercialização com terceiros;
- ✓ Com limitada gama de produtos;
- ✓ A empresa pode ou não ser familiar;
- ✓ A mão-de-obra é contratada;
- ✓ Procura-se uma optimização do rendimento com base em modelos de simulação de crescimento, de sistemas de apoio à decisão e sistemas periciais;
- ✓ Recorre-se frequentemente à agricultura de precisão
- ✓ Há paridade de rendimento com os demais sectores de actividade económica;
- ✓ A dimensão das explorações é muito elevada.



Aplicando a tecnologia e boas práticas agrícolas consegue-se níveis de produtividade e eficiência equivalentes ou até superiores à pequena exploração, mas com economia de escala mais favorável



Sistemas de exploração da terra – emprego de recursos renováveis

- Agricultura convencional
- Agricultura ecológica
- Sistemas mistos

Agricultura convencional

- Privilegia o emprego de produtos químicos de síntese e de outros fatores de crescimento, e de melhoramento genético, incluindo os de origem biotecnológica, relativamente aos recursos renováveis que os sistemas são capazes de providenciar.
- Procura respostas mais eficientes no curto prazo.
- É o sistema mais utilizado na agricultura de economias mais desenvolvidas e também tem grande expressão em economias emergentes, se houver capacidade financeira para adquirir fatores de crescimento.
- É o sistema que proporciona maiores produtividades e permite efetuar controlo mais imediato de pragas e doenças, de resposta mais dirigida.
- Mas também é o sistema que depende mais do exterior, mais sujeito a flutuações do mercado e frequentemente com maior impacto ambiental.

Agricultura ecológica

- Emprego primordial ou total de fatores de crescimento recicláveis e endógenos (rejeitando os produtos químicos de síntese), com recurso a rotações, culturas asfixiantes, faixas de flores e sebes vivas, siderações, aplicações de biopesticidas e luta biológica, e controlo mecânico de infestantes.
- As formas mais comuns são a **agricultura biológica ou orgânica** e a **agricultura biodinâmica**.
- Estes sistemas praticam-se em economias mais pobres como uma forma de agricultura de subsistência, ou em economias mais desenvolvidas que rejeitam os produtos químicos de síntese, os OGM e, em alguns casos, procuram práticas assentes em calendários astronómicos e outras vertentes menos mensuráveis.
- As pessoas que praticam estas formas de agricultura procuram estar em harmonia com a natureza.
- A produtividade é mais baixa, mas os produtos tendem a ser mais valorizados em mercados mais ricos.

Agricultura biológica/orgânica

Procura o uso de recursos renováveis e a conservação do solo e da água para melhorar a qualidade ambiental para as gerações futuras. Normalmente depende de rotações de culturas, de siderações, de culturas asfixiantes, de compostos minerais, de fertilizantes e pesticidas de origem natural, do controle biológico de pragas, do cultivo mecânico e da biodiversidade funcional.

Carne orgânica, aves, ovos e produtos lácteos vêm de animais que não recebem antibióticos ou hormonas de crescimento.

Não permite a utilização de pesticidas convencionais, fertilizantes feitos com ingredientes sintéticos ou resíduos orgânicos que os possam ter, de OGM e radiação ionizante.

Requer uma certificação.

Agricultura biodinâmica

Recorre às práticas de produção orgânica.

A agricultura biodinâmica também coloca ênfase em (1) a integração de animais para criar um ciclo fechado de nutrientes, (2) usando um calendário astronómico para determinar épocas de plantação, cultivo e colheita e (3) a consciencialização das forças espirituais na natureza.

Os agricultores biodinâmicos encaram o solo e toda a exploração agrícola como um organismo vivo integrado e uma individualidade independente.

Mais do que um sistema de produção, a agricultura biodinâmica é uma prática de viver e relacionar-se com a natureza de forma a privilegiar a saúde humana, de todos os organismos vivos e do ambiente, da paisagem e do solo, promovendo o desenvolvimento interior de cada pessoa.

Também requer certificação.

Sistemas mistos

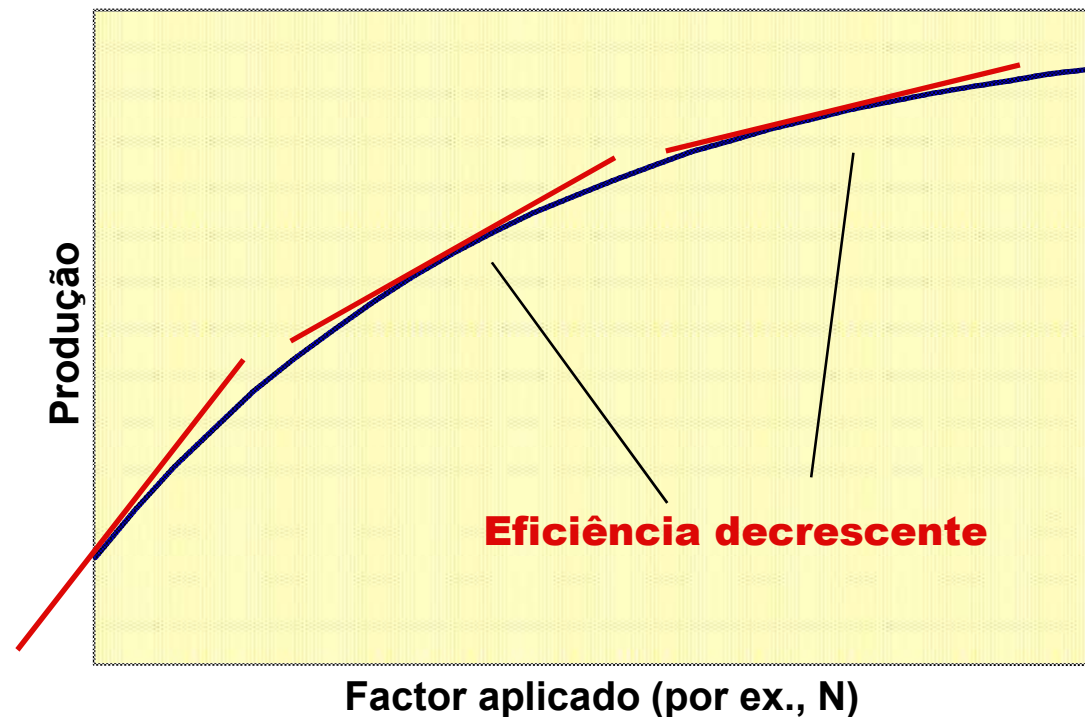
- Procura-se integrar partes dos sistemas convencional e ecológico, capitalizando no que de melhor cada sistema providencia.
- Várias práticas como as rotações, a valorização da matéria orgânica produzida, nomeadamente em sistemas mistos pecuário e vegetal, o recurso à mobilização de conservação, a escolha de épocas e densidade de sementeira mais favoráveis, meios mecânicos de controlo de infestantes, luta biológica e a proteção integrada, são usados regularmente.
- Presentemente uma larga proporção da agricultura convencional integra parcialmente algumas práticas da agricultura ecológica, uma tendência que está em crescendo nas economias mais desenvolvidas, à medida que se impõe mais restrições aos pesticidas de síntese e aumenta a preocupação pela saúde dos agricultores e pelo ambiente.

Sistemas mistos

- **Agricultura de conservação** é um sistema de alta produção, mas que economiza recursos. A agricultura de conservação normalmente envolve o uso de sistemas de mobilização reduzida ou mínima, culturas asfixiantes/proteção e rotação de culturas.
- **Agricultura regenerativa** é um sistema que procura regenerar os ecossistemas agrícolas, protegendo os solos (proteção contra a erosão, enriquecendo-os em matéria orgânica, manter ou atingir o pH próximo da neutralidade e largo domínio do Ca no CTC) e os recursos hídricos (em quantidade e qualidade), privilegiando a biodiversidade funcional, a qualidade do ambiente e maximizando o uso de recursos endógenos, mas também usando produtos químicos de sínteses, por isso mantendo uma perspectiva de produtividade e rentabilidade.

Sistemas mistos

Agricultura de baixos inputs baseia-se na redução de materiais importados, como produtos químicos e combustíveis, levando por isso a uma menor produtividade, embora o retorno dos fatores de crescimento tenda a ser elevado. Emprega tecnologias e é estruturada de forma a estreitar os ciclos de fluxos e fornecer serviços de ecossistemas internos. Esses recursos internos incluem controle biológico de pragas, energia solar ou eólica, azoto fixado biologicamente e outros nutrientes libertados de siderações, matéria orgânica ou reservas do solo. Sempre que possível, os recursos externos são substituídos por recursos encontrados na exploração ou próximos dela. Muitos sistemas de baixo input são exemplos de sistemas de exploração da terra integrados.



Sistemas mistos

Produção integrada é um sistema de exploração da terra amplamente adotado que combina métodos de sistemas de produção convencionais e orgânicos na tentativa de equilibrar a qualidade ambiental e o lucro económico. Procura melhorar a fertilidade dos solos com compostos e siderações, mas também usam alguns fertilizantes sintéticos. Usam-se alguns pesticidas sintéticos ou naturais, além de práticas biológicas, culturais e mecânicas de controle de pragas, mas salvaguardando os inimigos naturais (tenta perturbar o menos possível a diversidade funcional, beneficiando assim dela).

Qual dos sistemas faz mais sentido?

- O que for economicamente mais favorável. Tal depende das vantagens e desvantagens das diversas opções, mas também da capacidade dos agricultores as implementarem.
- Acresce a isso a capacidade de contornar as maiores limitações dos sistemas, seja pelos riscos de erosão, preservação dos recursos hídricos, da preservação da biodiversidade funcional, do controlo de pragas, doenças e infestantes, e da resiliência dos sistemas às variações climáticas => o mais sustentável.
- A preferência pessoal também é crítica, porque cada agricultor tem de se identificar com o sistema que pratica.

A maioria dos agricultores não faz a ideia da dinâmica dos ecossistemas agrícolas que estão a gerir, por isso não sabem em concreto em que tipo de sistema se enquadram. É-lhes fundamental ter a perceção empírica de que o sistema que praticam seja bem sucedido a curto e longo prazo.

Sistemas de exploração da terra – mecanização

- Trabalho mecanizado
- Trabalho manual e/ou com tração animal
- Mistura dos dois: as operações mais convencionais são realizadas por máquinas, enquanto que as de maior complexidade e mais onerosas (ex: colheita de frutos e hortícolas, manuseamento da produção, ordenha de animais, pulverizações em áreas de pequena dimensão, etc.) são feitas manualmente.

Sistemas de exploração da terra – controlo das condições ambientais

- ✓ Sem controlo, ao ar livre e praticadas no solo.
- ✓ Com controlo total das condições ambientais.
- ✓ Com controlo parcial das condições ambientais

Sem controlo das condições ambientais

- Depende em exclusivo das condições ambientais existentes;
- Praticado ao ar livre;
- Culturas no solo com ou sem fertilização;
- Sem rega;
- Sem cobertura das culturas nem recurso a abrigos;
- É o sistema com menos capital empregue, mas também tende a ser o menos produtivo (mas mesmo assim poderá ser mais rentável);
- É o sistema prevalecente a nível mundial, representando provavelmente mais de 90% da área cultivada.

Com controlo total das condições ambientais

- Não depende diretamente das condições ambientais:
 - Estabulação permanente com sistemas de climatização;
 - Produção de plantas, frequentemente hortícolas, em estufa completamente climatizada e com hidroponia;
 - Produção de cogumelos em ambiente controlado.
- Funciona com meios de climatização dispendiosos (na aquisição e na operação), em estruturas caras, mas que proporcionam tudo o que as plantas/animais precisam.
- Aplica-se à produção de alto valor acrescentado com retorno efetivo do investimento, mesmo com custos de investimento e operacionais tão elevados, em climas desfavoráveis que doutro modo não viabilizariam essa produção.

Exemplo de estufa com controlo integral das condições ambientais



Com controlo parcial das condições ambientais

- Depende parcialmente das condições ambientais externas:
 - Gado em semi-estabulação;
 - Estufas não climatizadas com ou sem hidroponia;
 - Recurso à rega.
- Os investimentos de instalação e operação são intermédios dos anteriores;
- Em climas parcialmente benignos e com solo com aptidão cultural, é um sistema que apresenta muitas vantagens, sendo o segundo mais utilizado.

Sistemas de exploração da terra – com produção pecuária

Sistemas pecuários em exclusivo: gado estabulado, produção de suínos e de aves, não tendo capacidade de produção dos seus alimentos, por isso adquirindo-os no exterior.



Sistemas de exploração da terra – com produção pecuária

Sistema agropecuário estabulado: produção animal e produção vegetal (forrageira, para grão e eventualmente outras culturas com propósitos distintos), satisfazendo, pelo menos parcialmente, as necessidades alimentares dos animais e com possibilidade de aproveitamento dos excrementos para regenerar a fertilidade dos solos, sendo que estes têm de ser transportados para os campos agrícolas.



Sistemas de exploração da terra – com produção pecuária

- **Sistema agropecuário com pastoreio parcial ou em exclusivo:** produção animal com produção vegetal (pastagem, forragem e podendo ter produção de grão). As necessidades alimentares dos animais são maioritariamente ou exclusivamente satisfeitas com a produção do próprio e os excrementos são libertados pelos próprios animais nos terrenos agrícolas maioritariamente ou exclusivamente.
- **Sistemas mistos** dos anteriores.

A integração da produção pecuária com pastoreio nos sistemas de exploração da terra traz muitos benefícios aos ecossistemas agrícolas, seja pela proteção do solo contra a erosão que as pastagens garantem, pela reciclagem dos nutrientes e pelo enriquecimento da matéria orgânica, o que, diretamente favorece a capacidade de retenção de água e a CTC, e indiretamente também favorece a biodiversidade funcional.

Sistemas de agricultura

Organização regional de sistemas de exploração da terra, quando estes estão organizados de forma relativamente comum.

Ao nível regional consegue-se lidar com questões que extravasam a própria dimensão da exploração agrícola:

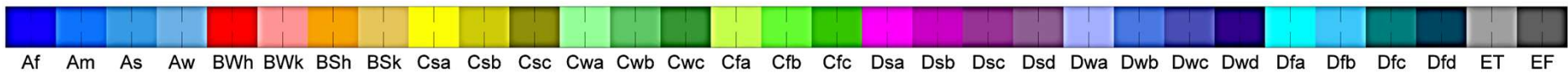
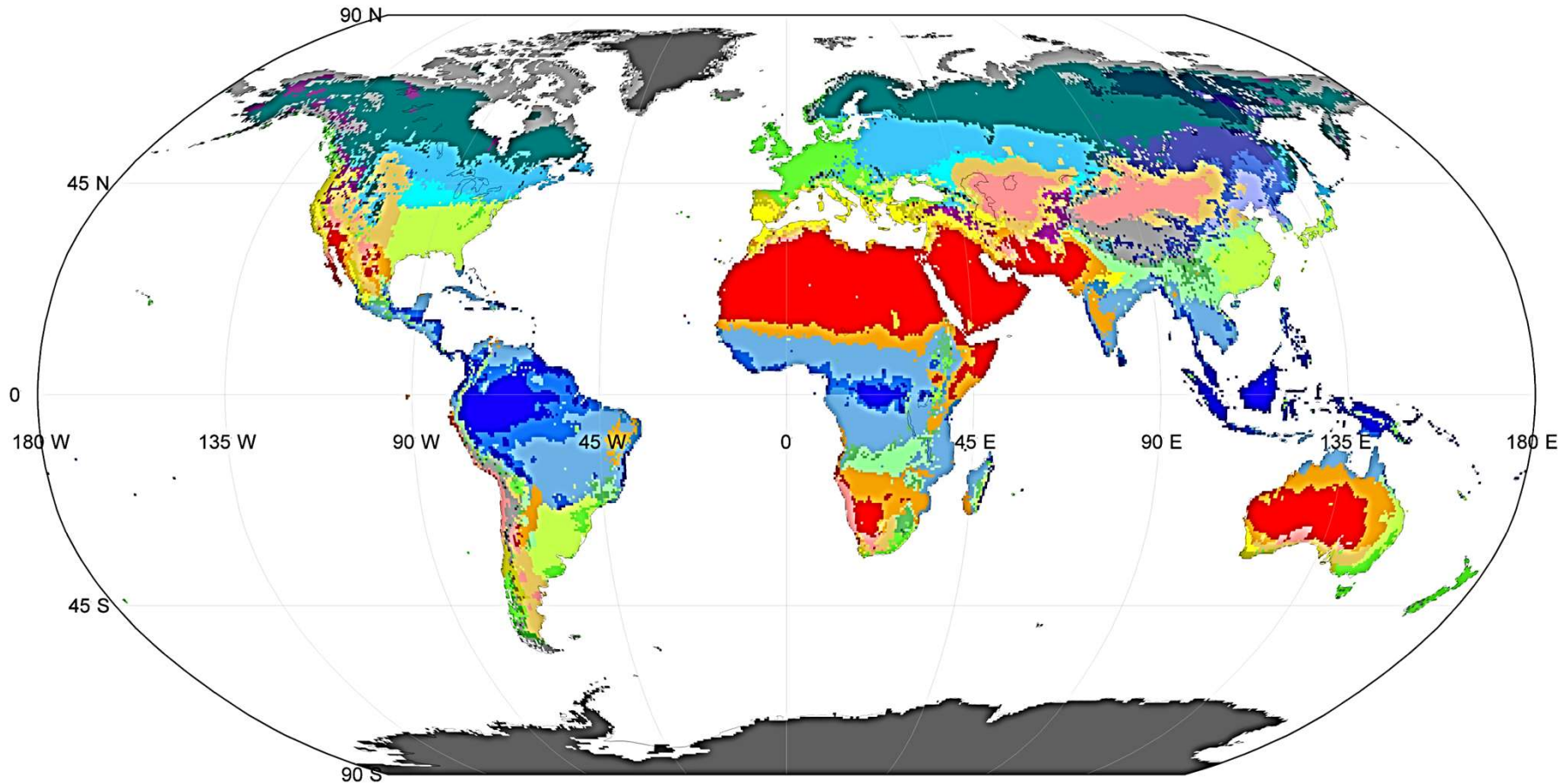
- Drenagem e rega,
- Poluição do ar e da água,
- Viabilidade de unidades de processamento da produção agrícola (agroindústria) e de escoamento da produção (cooperativas e empresas)
- Sistemas de transporte,
- Acesso à eletrificação,
- Condições climáticas especiais que viabilizam a grande concentração dum sistema de produção (ex: produção hortícola sob coberto em Almeria)

A biodiversidade também é afetada pelos contributos agregados das explorações agrícolas, que produzem resultados de muito maior amplitude espacial e de produção.

Sistemas de agricultura

Sistema de exploração da terra	Mobilização do solo		Origem da fertilidade	Rotações frequentes	Grau de mecanização das operações	Condições ambientais dominantes		observações
	Antes da sementeira	Depois da sementeira				Clima (Köppen)	Solo	
Agricultura itinerante	Uma	Várias	Resíduos vegetação espontânea	C ou S-Pn $n \geq 30$	Nulo	Aw	Vários	Existência de queimada
Dry-farming	Numerosas	—	Fertilização; restolhos (baixos)	C-Pn $n \leq 10$ A-C-L	Elevada	BS $P \leq 300$ mm	Fundo, elevada cap. uso	Mobilização clássica e mínima
Agricultura mediterrânica de sequeiro	Várias	Várias	Fertilização e resíduos do pousio	C-C-Pn C-C-L C-C-S $n \leq 10$	Mínima a elevada	Csa	Vários	Recurso crescente à mobilização mínima e não mobilização
Ley-farming e Mixed-farming	—	—	Estrumação e sideração	S-C-L-C S-C-L-prado	Mínima a elevada	Cf	Vários	Sistemas de produção com pecuária com recurso crescente à mobilização mínima
Stubble-mulch farming	Uma a duas: incorporação parcial de resíduos	Por vezes corte de resíduos	Fertilização; restolhos altos	C-L S-S-L S-C-L	Elevada	BS a Cf	Fundo, elevada cap. uso	Importantes áreas de produção agric. com mobilização mínima e não mobilização

World map of Köppen climate classification for 1901–2010



First letter

A: Tropical
 B: Dry
 C: Mild temperate
 D: Snow
 E: Polar

Second letter

f: Fully humid
 m: Monsoon
 s: Dry summer
 w: Dry winter
 W: Desert
 S: Steppe

Third letter

T: Tundra
 F: Frost
 h: Hot arid
 k: Cold arid
 a: Hot summer
 b: Warm summer
 c: Cool summer
 d: Cold summer

Data source: Terrestrial Air Temperature/Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series (V 3.01)

Resolution: 0.5 degree latitude/longitude

Website: <http://hanschen.org/koppen>

Ref: Chen, D. and H. W. Chen, 2013: Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901–2010. Environmental Development, 6, 69-79, 10.1016/j.envdev.2013.03.007.

Agricultura itinerante



Dry farming



Agricultura mediterrânea de sequeiro



Ley farming



Stubble mulch farming



Sistemas de agricultura

Sistema de exploração da terra	Mobilização do solo		Origem da fertilidade	Rotações frequentes	Grau de mecanização das operações	Condições ambientais dominantes		observações
	Antes da sementeira	Depois da sementeira				Clima (Köppen)	Solo	
Frutícola	Preparação e mobilização do solo	Nenhuma ou apenas sachas	Fertilização e resíduos vegetação espontânea	-	Mínimo a médio	A-D	Vários	Sistemas muito diversos, pelo clima, pela intensificação
Hortícolas	Numerosas	Várias	Fertilização e resíduos de culturas anteriores	S-L C-S-L S-S-S	Média a elevada	A, C, D	Elevada disponibilidade de água no ciclo das culturas	Horticultura de grande e pequena escala sem utilização rega
Culturas regadio	Uma a duas; reviramento reduzido	Várias	Fertilização (por vezes estrumação)	S-C S-S S-C-L	Elevada	A, Csa, Csb	Vários (inclui aluviões)	Hortic, frutic., arvenses, pecuária, prod. sementes. Principalmente mobilização convencional e reduzida
Sistemas ecológicos: - Agricultura “biológica/orgânica” - Sistemas biodinâmicos	Numerosas	Várias	Resíduos das culturas anteriores, culturas para sideração, estrumes e compostos	S-C-L S-S-L	Médio a elevada	A, C, D	Solos férteis e profundos	Recusa o uso de produtos químicos de síntese, de OGM. Nos sistemas biodinâmicas, reforça o papel da lua e do fluxo de energia entre organismos.

Frutícola



Hortícola



Culturas regadio



Atributos dos sistemas de agricultura

Sociais

- Equidade;
- Autonomia;
- Suficiência.

Ecológicos

- Produtividade;
- Estabilidade.

Equidade

Traduz uma situação de equilíbrio de qualidade de vida entre o setor agrícola e outros setores. Este parâmetro é avaliado pelo rendimento que a agricultura providencia, grau de empregabilidade, nível de educação, apoio à saúde, nutrição, equilíbrio de oportunidades entre homens e mulheres e custo de vida

Autonomia

Reflete o grau de independência entre a agricultura e os outros sectores da sociedade.

A equidade e a autonomia expressam-se de forma inversa nos sistemas de exploração da terra.

Suficiência

É a capacidade de produzir alimentos para a humanidade.

Quando um sistema é equitativo e suficiente, pode garantir a segurança alimentar, assim como a qualidade de vida necessária a nível local, regional e nacional.

Os sistemas autónomos, apesar de privilegiarem o autoconsumo, nem sempre garantem a suficiência, por estarem completamente sujeitos às condições ambientais locais.

Produtividade

Medida de eficiência, em que se relaciona a produção com um determinado fator (normalmente o mais limitante):

- a) No caso das culturas, é frequente relacionar-se com a área de cultivo, se a terra for o bem mais escasso;
- b) Nos animais é frequente relacionar-se com o indivíduo, mas também pode relacionar-se com a alimentação ou outro fator considerado relevante (ex: área);
- c) Também se pode relacionar com a mão-de-obra, consumo de energia (sociedades coletoras), elemento fertilizante, capital empregue, etc., dependendo da relevância de cada um.

Estabilidade

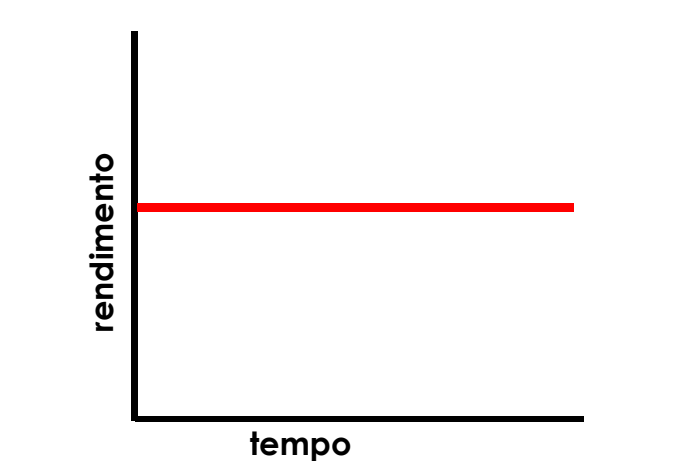
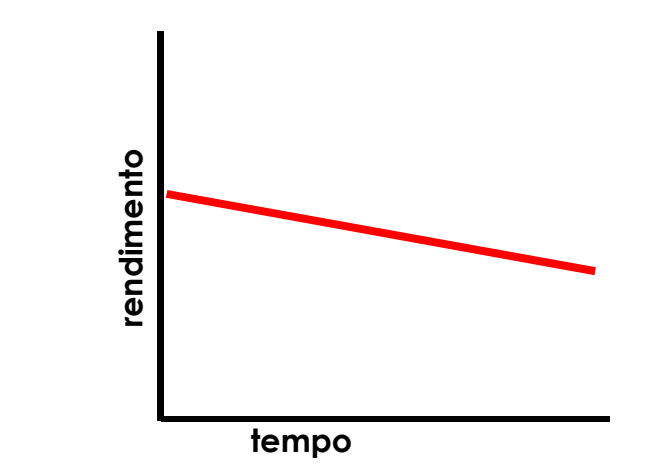
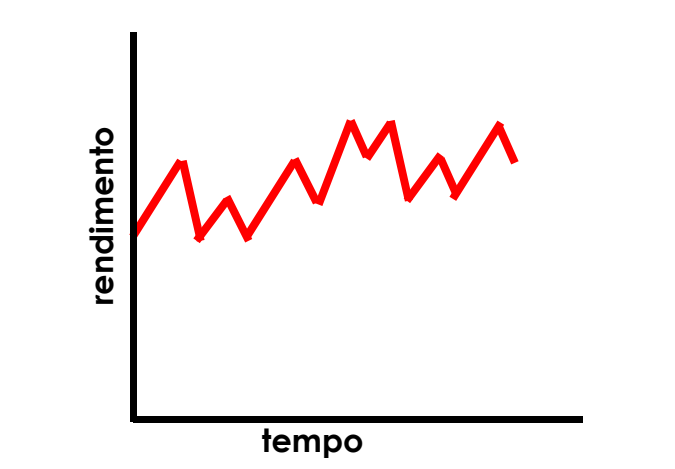
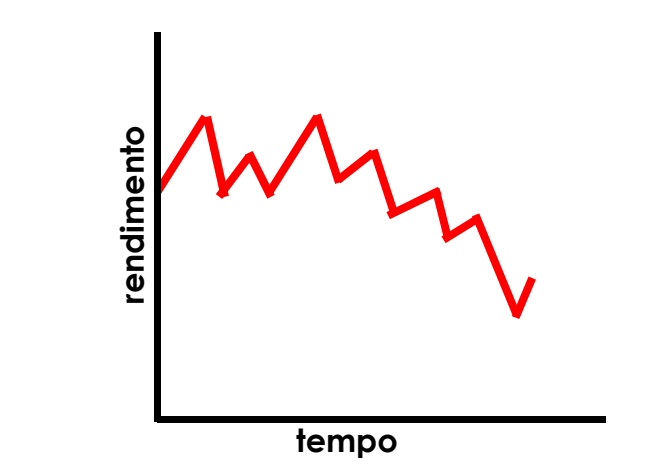
- ✓ Variabilidade da produtividade no tempo
- ✓ Como é um parâmetro que requer um período longo para ser avaliado (décadas), para além da produtividade, também recorre-se a parâmetros indiretos para o avaliar



Grau de preservação do solo:

- Em solos mobilizados, pode-se perder 2 a 3 mm.ano⁻¹, mas frequentemente leva-se 3 a 5 anos a formar 1 mm de solo;
- Outros parâmetros físicos e químicos.

Qualidade e quantidade de água

	SUSTENTÁVEL	INSUSTENTÁVEL
ESTÁVEL	 <p>A line graph with 'rendimento' on the vertical axis and 'tempo' on the horizontal axis. A solid red horizontal line is drawn across the graph, indicating that the yield remains constant over time.</p>	 <p>A line graph with 'rendimento' on the vertical axis and 'tempo' on the horizontal axis. A solid red line starts at a high point on the left and slopes downward linearly to a lower point on the right, indicating a steady decline in yield over time.</p>
INSTÁVEL	 <p>A line graph with 'rendimento' on the vertical axis and 'tempo' on the horizontal axis. A solid red line fluctuates up and down, but the overall trend is upward, ending at a higher point than it started, indicating fluctuating but increasing yield over time.</p>	 <p>A line graph with 'rendimento' on the vertical axis and 'tempo' on the horizontal axis. A solid red line fluctuates up and down, but the overall trend is downward, ending at a lower point than it started, indicating fluctuating but decreasing yield over time.</p>

Sustentabilidade da agricultura

Aquela que responde às necessidades de hoje sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas.

WCED (1987)

Sustentabilidade da agricultura

Sistema integrado de práticas de produção vegetal e animal que irá, a longo prazo, satisfazer as necessidades humanas de alimentos e fibras; melhorar a qualidade ambiental e a base de recursos naturais da qual a economia agrícola depende; fazer o uso mais eficiente de recursos não renováveis e recursos da exploração e integrar, quando apropriado, ciclos e controles biológicos naturais; sustentar a viabilidade económica das operações agrícolas; e melhorar a qualidade de vida dos agricultores e da sociedade como um todo.

Sustentabilidade - produção

- Satisfazer as necessidades de alimentação humana e animal;
- Satisfazer as necessidades de fibras e biomateriais para as mais diversas indústrias;
- Satisfazer as necessidades de biocombustíveis.

Sustentabilidade - economia

- Competitividade;
- Manter ou aumentar o rendimento;
- Equiparação do rendimento agrícola com outros sectores de atividade económica;
- Conseguir contornar o acréscimo de custos de transporte;
- Alteração de medidas protecionistas;
- Surgimento de produtos alternativos;
- Evitar a deslocalização de indústrias;
- etc.

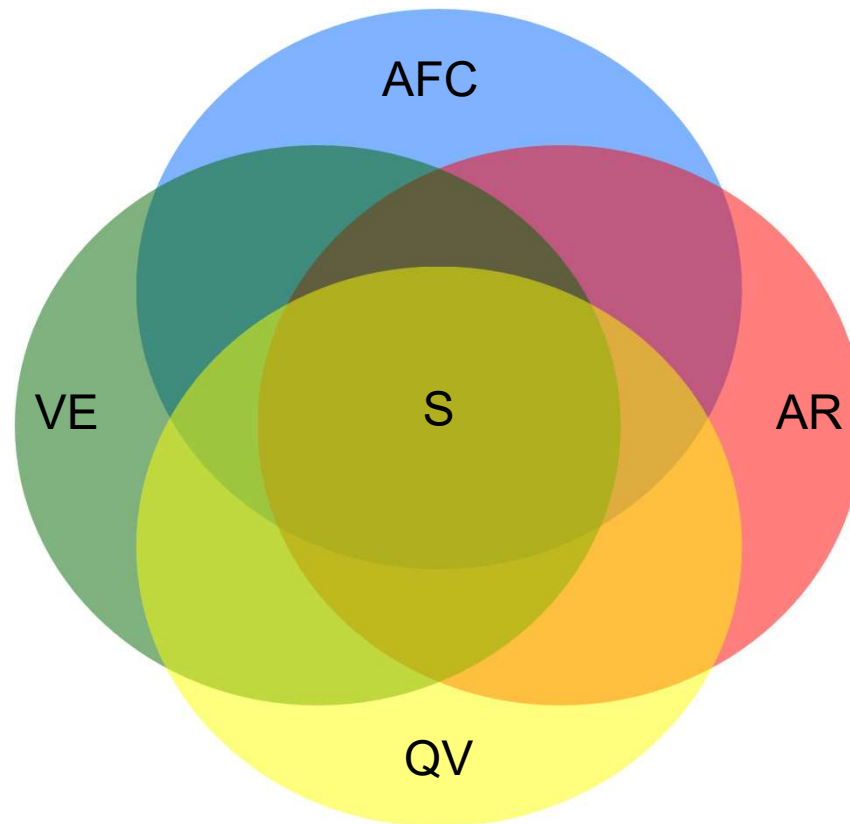
Sustentabilidade - ambiente

- Prevenir contras a degradação dos solos e (evitar a erosão, manter ou incrementar o teor de matéria orgânica, alterações significativas do pH, salinidade, etc.);
- Preservar os recursos hídricos em quantidade e qualidade (evitar a contaminação química, nomeadamente a azotada, e a contaminação microbiológica);
- Resiliência contra acidentes climáticos (seca prolongada, excesso de calor, baixas temperaturas, etc.);
- Não contribuir ou até evitar a desertificação;
- Promover a biodiversidade funcional;
- Estar preparado para lidar com pragas e doenças.

Sustentabilidade - sociedade

- Estabilidade das populações;
- Atratividade da profissão;
- Qualidade de vida satisfatória;
- Sistemas de saúde e educação acessíveis.

Sustentabilidade da agricultura



AFC = alimentos, fibras e combustível
AR = ambiente e recursos naturais
S = sustentabilidade

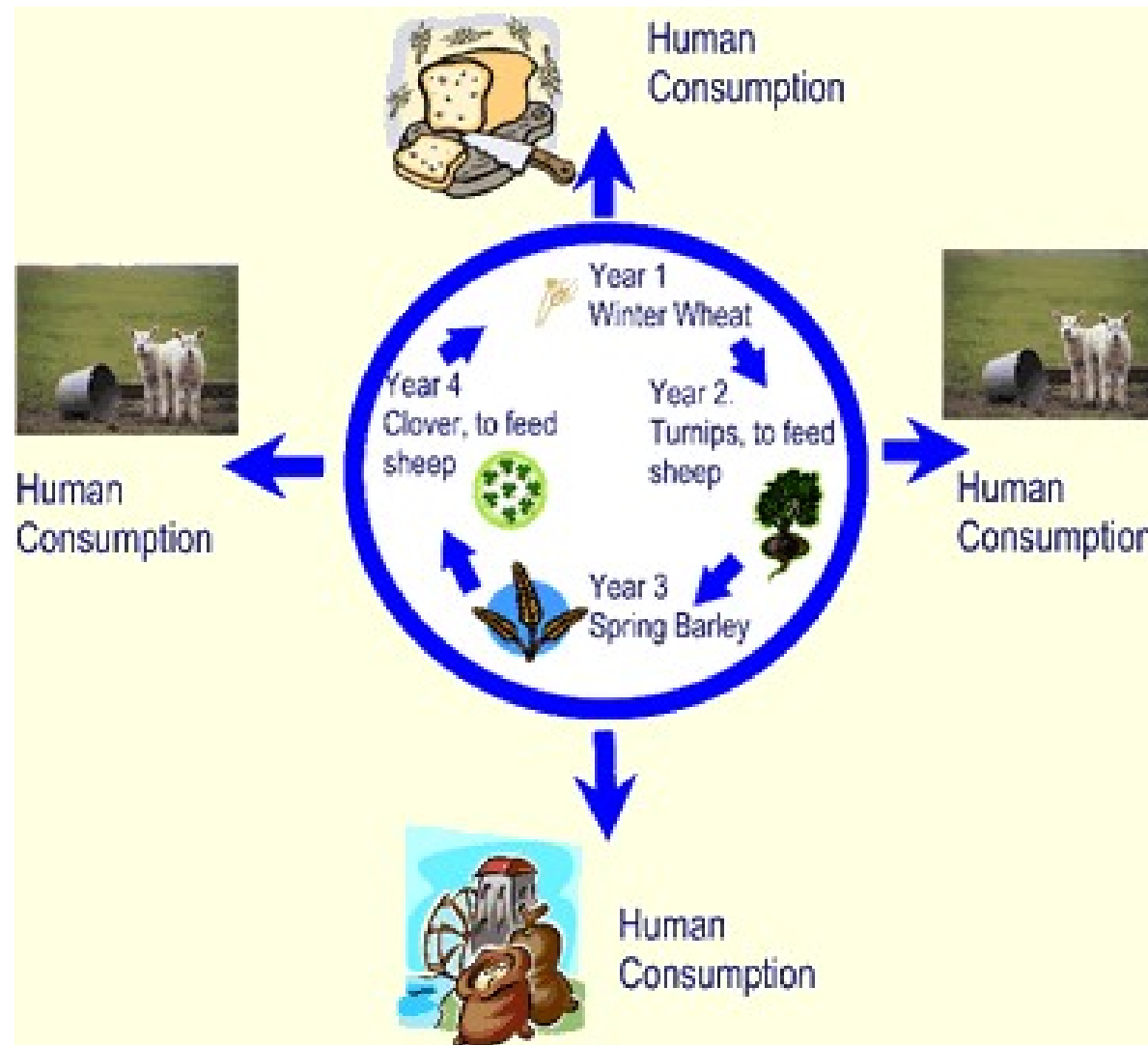
VE = viabilidade económica
QV = qualidade de vida

Rotação C-S-C-L de Norfolk

- Rotação sustentável, durante 40 anos a produtividade de todas as culturas aumentou de forma contínua (experiência começou em 1848);
- Ao fim desse período, a produtividade do nabo forrageiro (*Brassica rapa*) começou a declinar até que, em 1951, aproximava-se de zero;
- Veio-se a descobrir mais tarde que a acidificação devido à forma de adubação N favorecera o desenvolvimento do fungo da raiz *Plasmodiophora brassicae*, que se manteve mesmo quando se corrigiu o pH do solo.
- A sustentabilidade, a longo prazo, pode ser comprometida por múltiplas razões, mesmo quando um sistema aparente ser equilibrado por um período longo.

Powlson D.S. & Johnston A.E. 1994. Long-term field experiments: their importance in understanding sustainable land use. In: Greenland D.J., Szabolcs I. (Eds.), Soil Resilience and Sustainable Land Use. CAB International, Wallingford, pp. 367–394

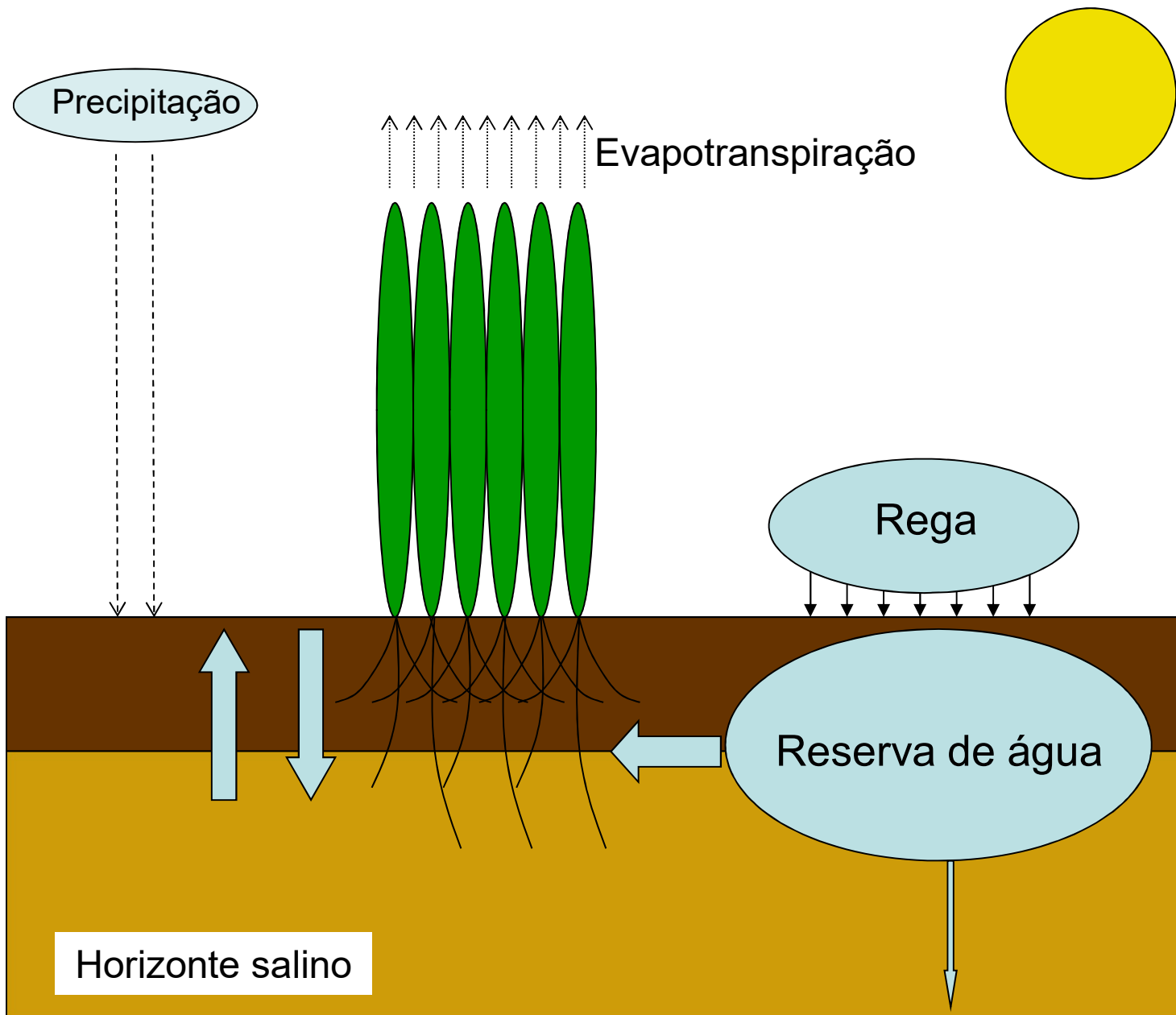
Rotação C-S-C-L de Norfolk



Rotação C-pousio

- A cultura da cevada (*Hordeum vulgare*), alternada com pousio, pode ser sustentável em muitos sistemas, mas no Sul do Iraque (antiga Mesopotâmia) não o foi no terceiro milénio antes de Cristo;
- De 2400 BC a 2100 BC, a produtividade baixou de 2537 L/ha para 1460 L/ha, provavelmente devido à salinização causada pela irrigação desta cultura;
- Este declínio gradual (40% em 12 gerações) pode não ter sido aparente na vida de cada agricultor, mas mesmo assim contribuiu para o declínio de vários centros urbanos.

Jacobsen T. & Adams R.M. 1958. Salt and silt in ancient Mesopotamian agriculture. Science 128: 1251-1258.



Monocultura de trigo

- Em Rothamsted, à semelhança do que se ensaiou para rotações, há experiências com monocultura que se têm revelado sustentáveis a longo prazo;
- A monocultura do trigo (*Triticum aestivum*) duplicou a sua produtividade nos últimos 150 anos, tendo para o efeito recebido fertilizantes químicos ou orgânicos.

Johnston A.E. & Powlson D.S. 1994. The setting-up, conduct and applicability of long-term, continuing field experiments in agricultural research. In: Greenland D.J., Szabolcs I. (Eds.), Soil Resilience and Sustainable Land Use. CAB International, Wallingford, pp. 395-421.

Há outros factores determinantes da sustentabilidade:

- **Tipo de culturas:**
 - Monocotiledóneas são frequentemente mais resistentes/tolerantes a pragas e doenças dos que as dicotiledóneas.
- **Intensidade da agricultura:**
 - Apesar de a curto prazo a agricultura intensiva tender a oferecer maior rendimento, daí maior equidade, a longo prazo é a mais difícil de se manter.
- **Mercado:**
 - Produtos de primeira necessidade e com mecanismos de proteção são os mais sustentáveis.
- **Mecanização:**
 - Os custos de mão-de-obra têm um peso crescente na conta de cultura, daí que quanto menos dela se depender, mais sustentável um sistema será.
- **Ambiente:**
 - Culturas e práticas que não tenham impactos ambientais significativos, assim como promovam a biodiversidade funcional, são os mais sustentáveis.

**I ♥
SUBSIDIES**



**3 BILLION PEOPLE LIVE ON LESS THAN \$2 A DAY
EURO COWS ARE SUBSIDISED THE EQUIVALENT OF \$250 A DAY**

Intensidade da agricultura

- **Produtividade atual (real)**
 - Produtividade média do sistema, seja de culturas, de exploração ou de agricultura (limitada por infestantes, pragas, doenças e limitações operacionais das explorações agrícolas).
- **Produtividade atingível**
 - Produtividade alcançada num determinado contexto com recurso à melhor tecnologia disponível (limitada pela disponibilidade de água e disponibilidade de nutrientes).
- **Produtividade potencial**
 - Produtividade teórica passível de ser obtida num determinado local e sem qualquer limitação para além das ambientais (radiação, temperatura e CO₂) e das características da própria cultura.

Intensidade da agricultura

A agricultura é intensiva se a produtividade real é próxima da produtividade potencial.

Não confundir com produtividade ótima, que é a que pretende maximizar o retorno do trabalho e investimento, e que frequentemente é inferior à produtividade atingível.

Intensificação da agricultura pode ser medida com base noutros parâmetros

Pela soma de inputs, para além dos fatores naturais de crescimento:

- Fertilizações
- Sementes e plantio
- Tratamentos fitossanitários
- Recurso a alimentos concentrados
- Existência de rega
- Cultivo sob coberto
- Sistemas de climatização (temperatura, humidade relativa, iluminação e escurecimento artificial, enriquecimento de CO₂, etc.)

Intensificação da agricultura pode ser medida com base noutros parâmetros

- Com base na ocupação da terra:
 - Permanente:
 - Culturas permanentes,
 - Culturas bianuais
 - Culturas anuais que ocupam o terreno o ano inteiro
 - Quando se pratica mais do que uma cultura anual por ano
 - Alternada:
 - Em climas secos os terrenos não são cultivados na época estival (3-6 meses)
 - Em climas frios os terrenos não são cultivados na época mais fria (4-8 meses)
 - Em solos alagados os terrenos não são cultivados na época mais húmida (1-6 meses)
- Elevada/baixa densidade de plantas
- Elevado/baixo encabeçamento

Intensidade da agricultura

2.73 — Produção extensiva: A que utiliza o pastoreio no seu processo produtivo e cujo encabeçamento não ultrapassa 1,4 CN/ha, podendo este valor ser estendido até 2,8 CN/ha desde que sejam assegurados dois terços das necessidades alimentares do efetivo em pastoreio, bem como a que desenvolve a atividade pecuária com baixa intensidade produtiva ou com baixa densidade animal, no caso das espécies pecuárias não herbívoras.

2.74 — Produção intensiva: a que não é enquadrável na produção extensiva.

A extensificação alicerça-se no reduzido uso de recursos, o que faz ter uma perspectiva de produção relativamente baixa. Porém, os sistemas têm de ser versáteis e aproveitar os recursos existentes, nunca devem desperdiçá-los.



Classificação de sistemas de agricultura conforme o grau de utilização de “inputs”

	Arboricultura		Terra arável c/ ou s/ pastagem		Alternando culturas anuais c/ erva, arbustos ou floresta		Pastagem espontânea ou semeada	
	Temperado	Tropical	Temperado	Tropical	Temperado	Tropical	Temperado	Tropical
Muito extensivo	Montado sobreiro na bacia Mediterrânica	Frutos de espécies selvagens	-	-	Agricultura itinerante (deserto Negev, Israel)	Agricultura itinerante na Zâmbia	Criação de caribus na Lapónia, pastoreio nómada no Afeganistão	Criação de camelos na Arábia e Somália
Extensivo	Cultivo de mirtilos no NW dos EUA	Palmeiras espontâneas no W de África	Cereais de sequeiro no centro dos EUA, Pampas na América do Sul	Cereais de sequeiro no centro do Sudão	-	Agricultura itinerante na em regiões muito áridas de África	Produção de lã na Austrália, criação de ovelhas em zonas declivosas no RU, criação de gado de carne no Sul dos EUA	Criação de gado nómada em África e criação de lamas na América do Sul
Semi-intensivo	Pomares de pomóideas no RU, vinha na França	Cacau no W de África, café no Brasil	Cereais de sequeiro em Israel ou Texas (EUA)	Arroz no SW da Ásia	Algodão e tabaco alternado com gado no SW EUA. Trigo e pastagem na Austrália	Agricultura itinerante na maioria da África Tropical	Criação de ovelhas e gado na Nova Zelândia Parte dos Açores	Gado e búfalos com várias culturas na Índia e África
Intensivo	Citrinos na Califórnia e bacia Mediterrânica	Produção de borracha no SE da Ásia, chá na Índia	Corn Belt no EUA, monocultura da cevada RU	Arroz e horticulura no S China, cana-do-açúcar nos trópicos	Arroz regado na Austrália, maior parte da Europa	Estações experimentais e explorações pontuais	Holanda e RU NW de Portugal Parte dos Açores	Produção de leite no Quénia e Zimbabué

Métodos conservativos

- ✓ Visam minimizar os impactos negativos da agricultura ou até melhorar a sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas.
- ✓ São muito privilegiados na agricultura “biológica/orgânica”, mas nem todos se adequam a este sistema.
- ✓ A agricultura convencional cada vez mais adota estes métodos, embora se reconheça que ainda há muito caminho a percorrer

Métodos conservativos

- Agricultura de precisão
- Agricultura de baixos inputs, regenerativa, de conservação e produção integrada
- Pastoreio rotativo
- Sistemas mistos de produção agrícola e pecuária (maior complementaridade e sinergias na utilização de recursos)
- Mobilização reduzida, mínima e zero mobilização
- Culturas asfixiantes
- Proteção dos recursos hídricos
- Melhores práticas agrícolas (Manual de Boas Práticas Agrícolas - Despacho nº 1230/2018, DR 2ª Série – Nº 25 – 5 de Fevereiro de 2018)

Estratégia

Métodos conservativos

Gestão cuidada
Rotação de culturas
Reciclagem de matéria orgânica
Redução de inputs químicos
Mixed farming
Sistema integrado de controle de pragas e doenças
Mobilização de conservação
Proteção dos recursos hídricos

Ligação

Qualidade do solo
Gestão hídrica
Biodiversidade funcional

Objectivos

Agricultura sustentável

Produtividade/rendimento
Conservação de energia
Segurança ambiental
Viabilidade económica
Preservação dos recursos naturais
Melhora a saúde e a qualidade e segurança alimentar

Agricultura de precisão

Envolve a aplicação diferenciada e à medida dos fatores de produção, tendo em conta a variação espacial e temporal do potencial produtivo do meio e das necessidades específicas das culturas, de forma a aumentar a sua eficiência de utilização e, assim, melhorar o rendimento económico e reduzir o impacto ambiental da atividade agrícola (Pimentel *et al.* 2004).

Em suma, procura a precisão espacial dos trabalhos agrícolas e que as intervenções sejam feitas de forma proporcional à capacidade produtiva, procurando superar a eficiência das explorações pequenas, mas com a economia de escala das explorações grandes.

Aplicações

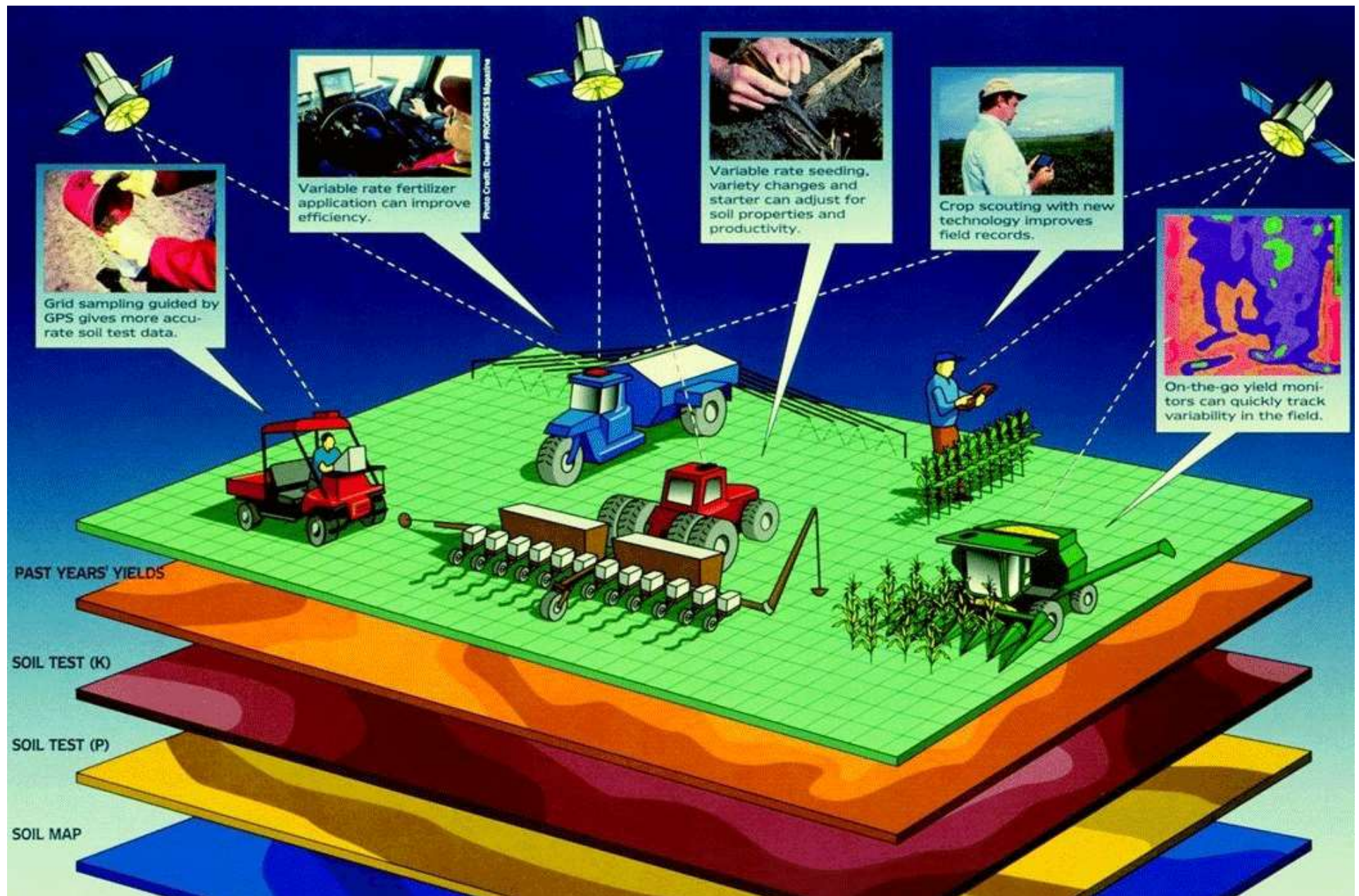
Otimização dos fatores de crescimento usados na produção agrícola

1. Maior rentabilização dos fatores de crescimento relativamente à capacidade produtiva do sistema.
2. Maior aproveitamento da capacidade produtiva.
3. Melhor perceção das zonas menos produtivas, das respetivas causas e possíveis remediações.
4. Menor desperdício.
5. Redução dos custos de produção.
6. Diminuição do impacto ambiental.

Otimização da utilização das máquinas

1. Diminuição de sobreposições, evitar falhas e melhor planeamento das operações.
2. Incremento da capacidade efetiva de campo, por acréscimo da eficiência de campo.
3. Poupança de tempo.
4. Redução dos custos das operações.

Agricultura de precisão



VRT-variable
rate technology

URT-unified rate
technology

Produtividade variável em cada geografia
Densidade de sementeira
Quantidade de elementos fertilizantes
Tratamentos fitossanitários: tipologia e dose

Proporcionalidade com a
produtividade potencial das
culturas em cada geografia:

- Maior eficiência;
- Maior investimento em I&T

Aplicação equitativa em cada
geografia:

- Menos eficiência;
- Equipamento mais simples;
- Menor investimento em I&T

Sistemas de informação VRT

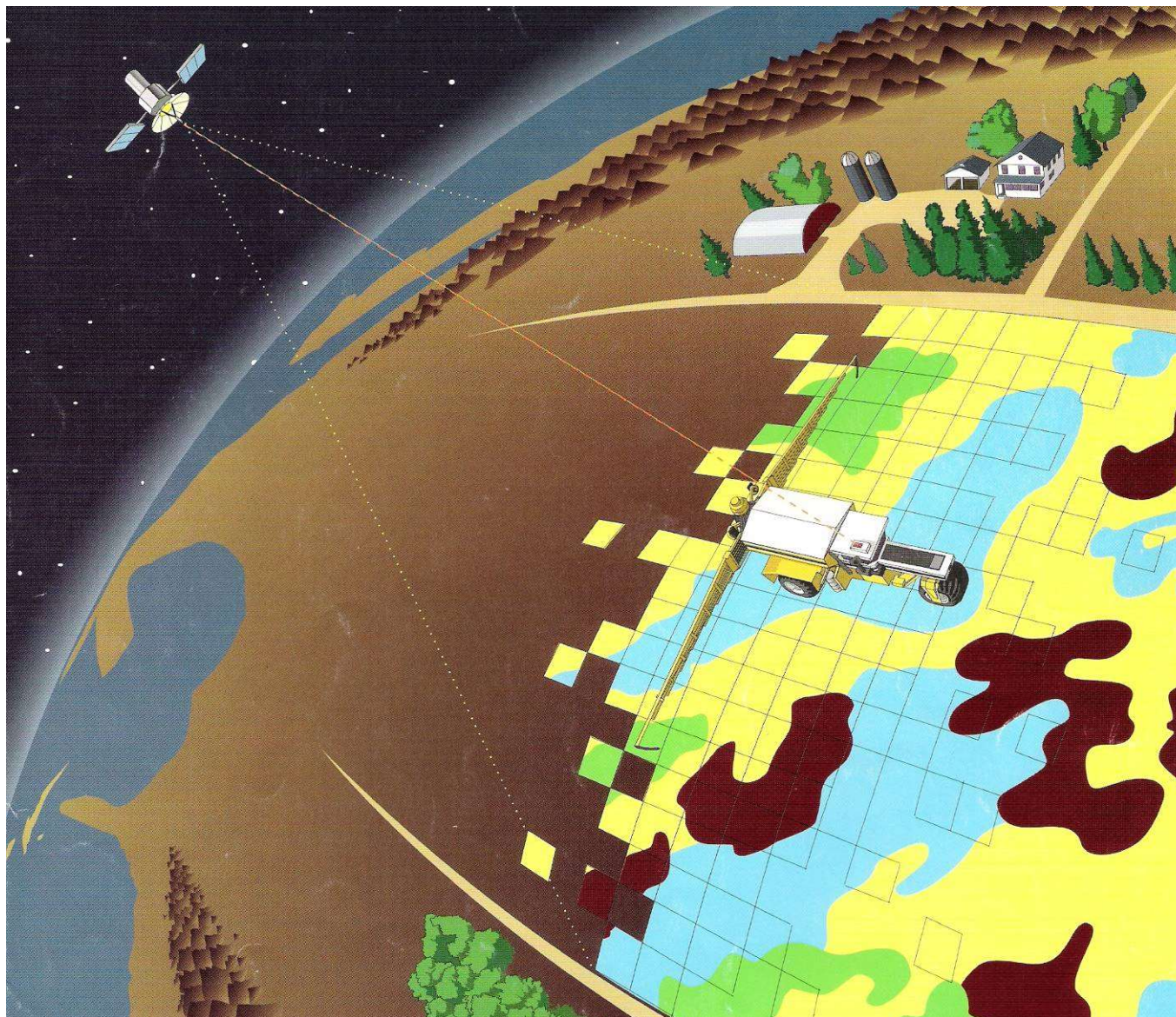
Baseado em mapas

1. Amostras ou informações recolhidas em rede (matriz geográfica).
2. Análise amostras.
3. Geração de um mapa georreferenciado.
4. Calcular as medidas a tomar.
5. Aplicação VRT.
6. É mais preciso, nem sempre há sensores para as diversas funções, calcula o que fazer numa base SIG.
7. Quanto maior a largura de trabalho, menos flexível é a aplicação VRT.

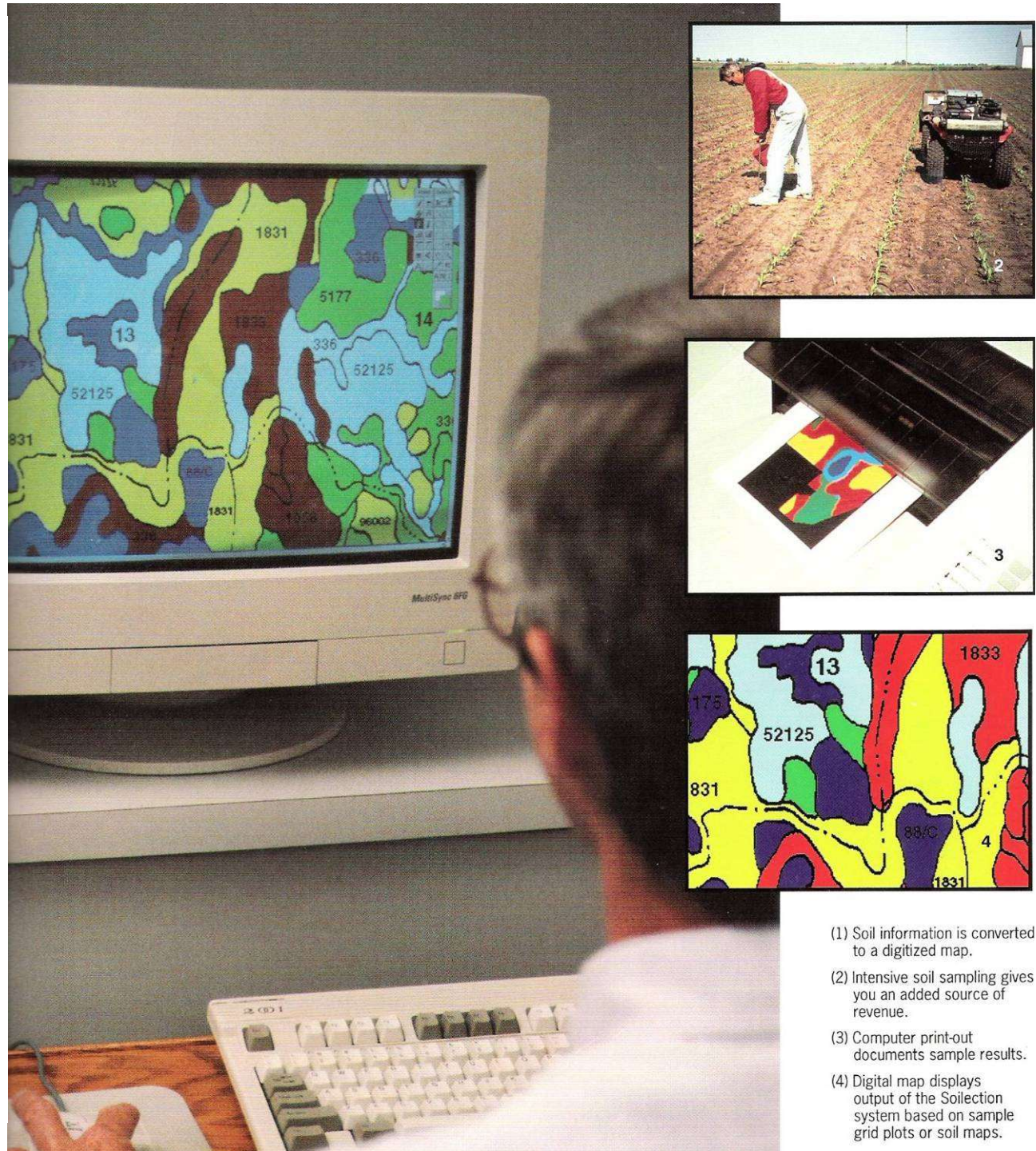
Baseado em sensores

1. Usa sensores no trator ou em drones e calcula em tempo real o que fazer (on-the-go).
2. Não necessita de GPS ou equivalente.
3. Pode ser menos dispendioso, mas também menos preciso
4. Aplica-se mais a fatores que variam muito no tempo, como pragas, doenças, infestantes e fertilizações azotadas.
5. Equipamentos de maior largura, apesar da maior CE, se não tiverem sistemas de doseamento individual, podem não ser tão flexíveis a aplicar o VRT.

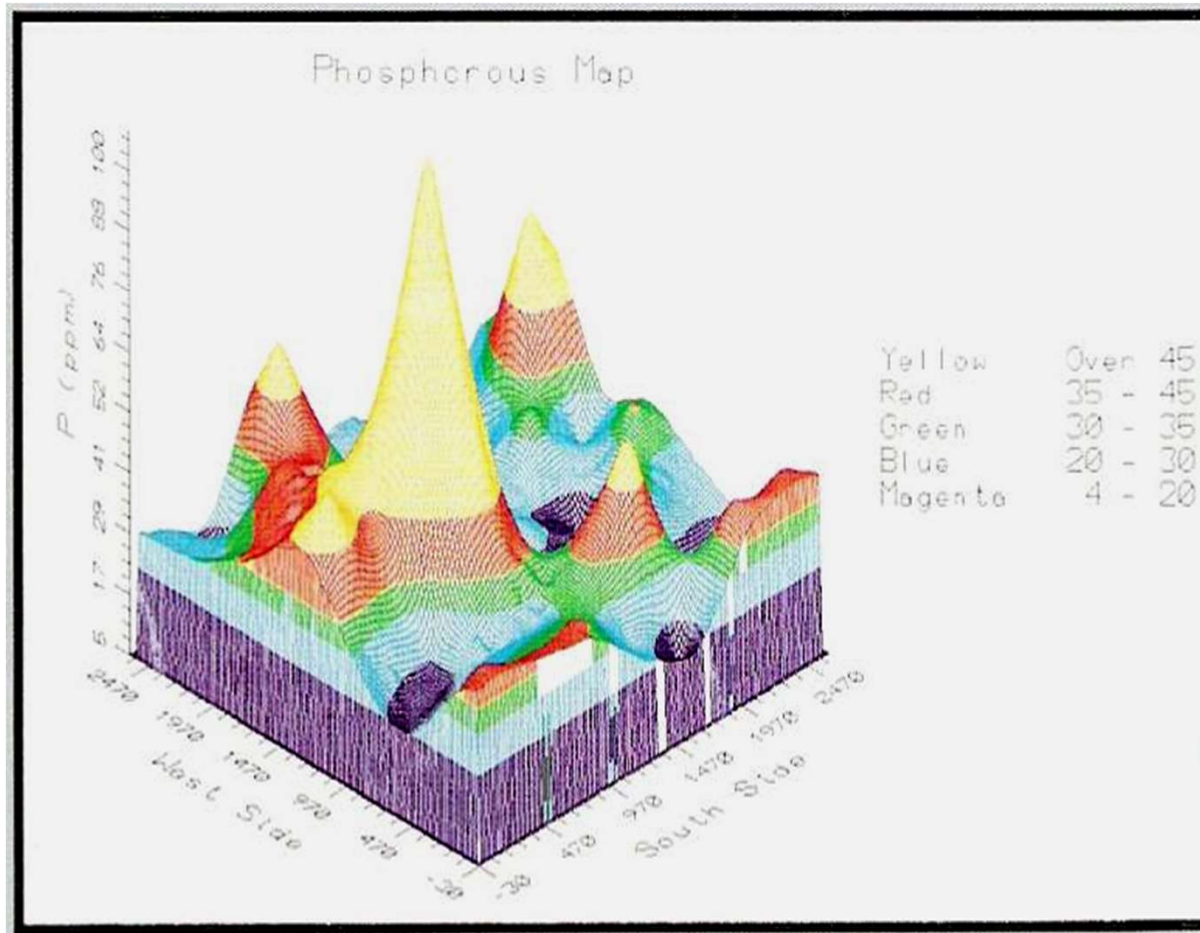
Fertilidade e fertilização



Faz-se recolha de análises do solo com uma periodicidade pré-definida, emitindo-se um sinal para um satélite com vista a ter as coordenadas exactas de cada amostra. Fazem-se mapas de fertilidade dos solos com base na análise das amostras.



- (1) Soil information is converted to a digitized map.
- (2) Intensive soil sampling gives you an added source of revenue.
- (3) Computer print-out documents sample results.
- (4) Digital map displays output of the Soilection system based on sample grid plots or soil maps.



Com base nos mapas de fertilidade, estabelecem-se níveis de fertilização. Introduce-se essa informação no computador de bordo do distribuidor de adubo que, mantendo a ligação GPS, doseá-lo-á, mediante os mapas de fertilidade. Só um distribuidor pneumático pode garantir este tipo de precisão para poder fazer uma aplicação variável automática.

Fertilização com distribuidor de adubo pneumático de débito variável

1



FERTILIZAÇÃO - Variable rate application (VRA)



Distribuidores de adubo centrífugos ou pneumáticos capazes de regular a quantidade de fertilizante distribuída baseado num sinal dum computador do trator e da georreferenciação.

O fósforo e potássio são aplicados de acordo com um mapa que foi preliminarmente produzido; aplicar apenas em fundo, antes ou à sementeira;

Azoto: a quantidade por hectare pode ser previamente definida com base no perfil produtivo no terreno (dados de culturas anteriores), ou pode ser calculado em tempo real, atendendo ao estado da cultura (sistema caro). Fertilização fracionada.

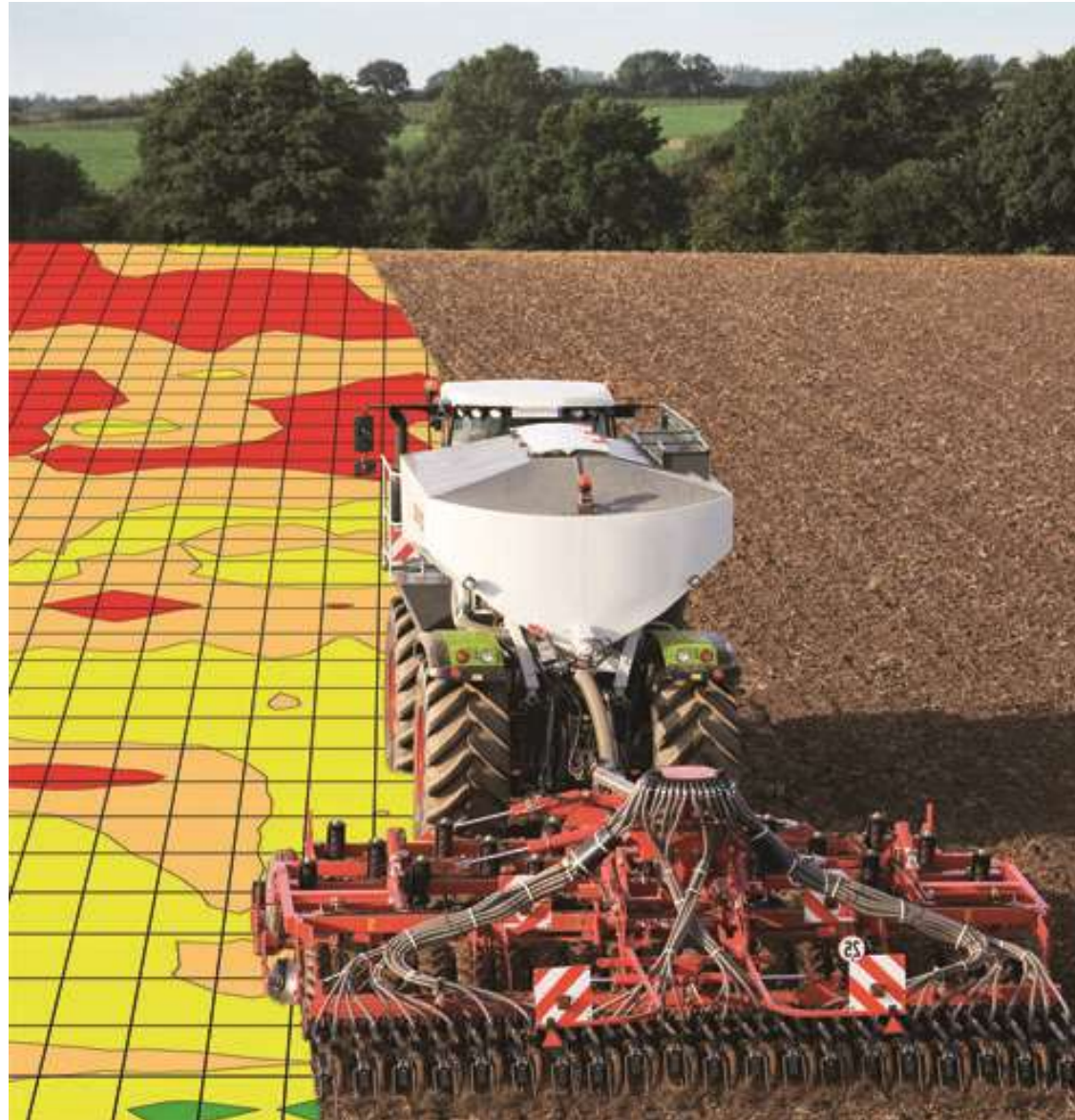
Fertilização de azoto – sistema ON-THE-GO



Sensor montado no tejadilho do trator capaz de detetar a refletância espectral (fração da radiação refletida a diferentes comprimentos de onda) para determinar o grau de nutrição em azoto da cultura em cada zona da cultura a ajustar de forma apropriada a dose de fertilizante a distribuir.

Sistemas existentes: Yara N-sensor (yara), GreenSeeker (trimble) e Crop Circle (holland Scientific).

Sementeira com semeador de débito variável e ligado a GPS



Esta técnica é também utilizada para fazer pulverizações de pesticidas.



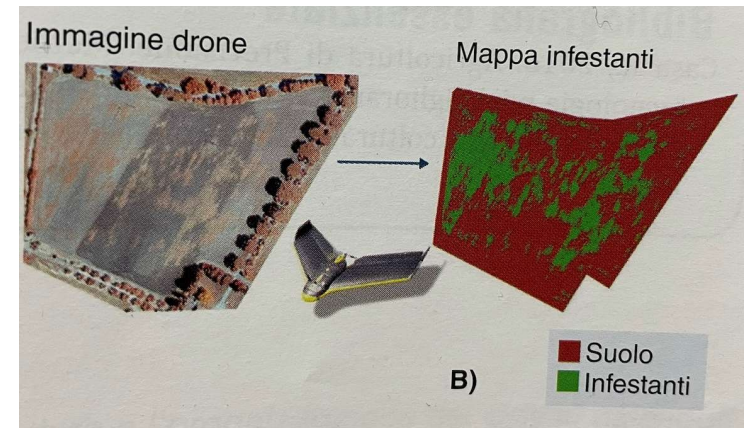
Estes processos integrados de precisão já permitem dosear todas as operações agrícolas desde a sementeira até à colheita. Em suma, passa-se a poder fazer uma agricultura precisa em grande escala com padrões de qualidade até superiores ao que se encontra no melhor sistema de minifúndio.

Controlo infestantes

Tecnologia variável de aplicação de herbicidas:
PATCH SPRAYING: Usam-se pulverizadores que só aplicam o herbicida onde existem infestantes (on/off), há sistemas de controlo no trator que abrem e fecham as válvulas.

Estes sistemas só podem ser utilizados em pré-sementeira, pré-emergência e em mobilização mínima, dado que não distinguem as plantas das culturas das infestantes, pulverizam onde há objetos verdes.

Alternativamente mapas de distribuição de infestantes podem ser obtidos de imagens aéreas de alta resolução como as providenciadas por drones, dos quais mapas de controlo podem ser elaborados.



A utilização de drones é importante para identificação de problemas fitossanitários e de infestantes em áreas remotas



Colheita e cálculo da produtividade numa matriz espacial



Colheita

As medições da produtividade pela ceifeira debulhadora fazem-se por sensores que registam o fluxo de grão; sensores adicionais determinam o teor de humidade. Permite saber a variação espacial da produtividade com a resolução da largura da barra de corte.

Obtêm-se mapas que são descarregados no computador de bordo do trator.

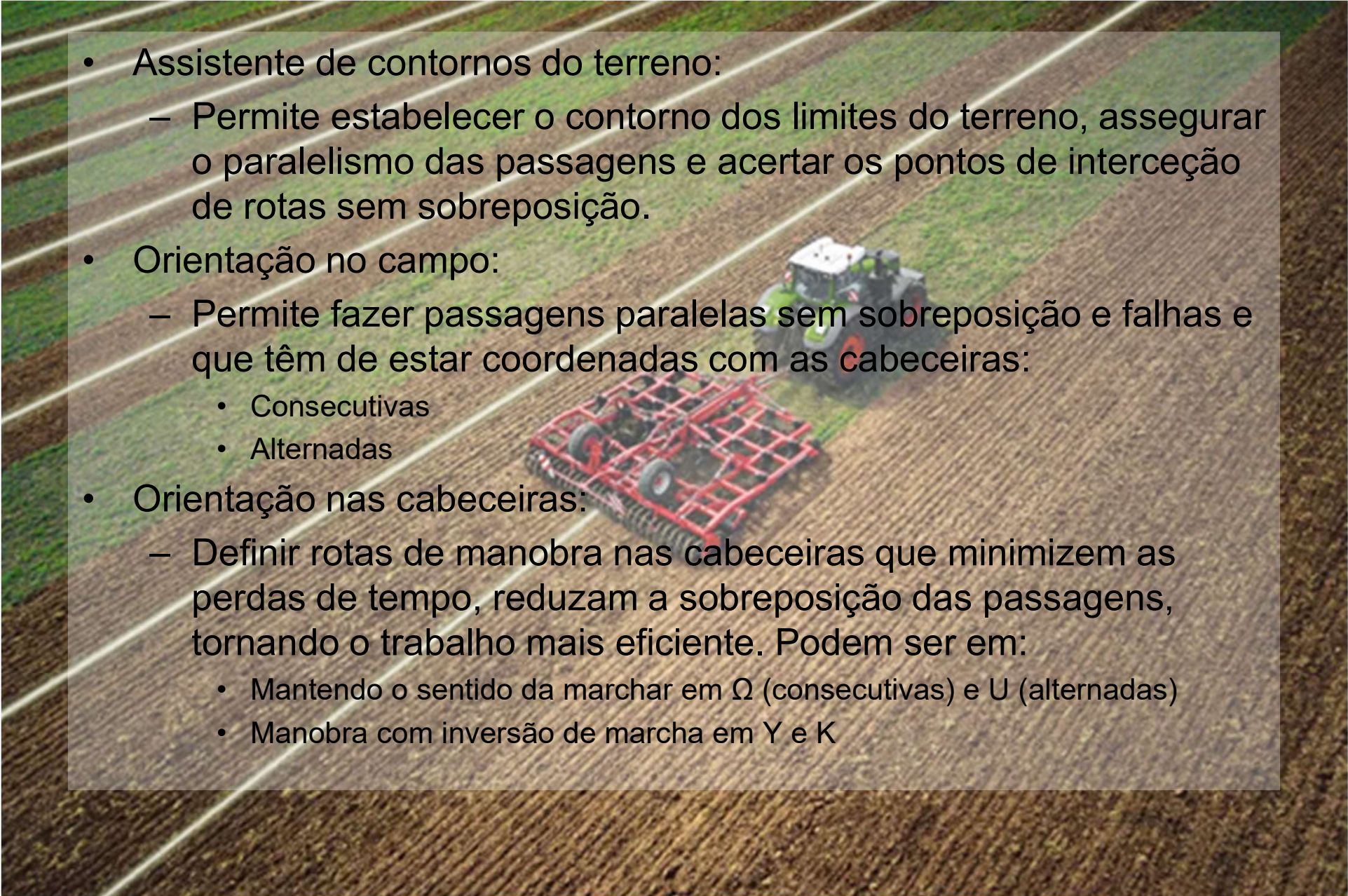


Mapa de produtividade instalado numa ceifeira debulhadora

Integração da informação

- Com base em todos os levantamentos efetuados (fertilidade dos solos, pragas, doenças, infestantes e produtividade), fazem-se os cálculos para as seguintes operações:
 - Fertilizações;
 - Densidade de sementeira;
 - Tratamentos fitossanitários.
- Os custos de produção deverão baixar, assim como a produtividade deve subir, devido a práticas mais discricionárias de aplicação de fatores de crescimento.
- Podem aparecer situações de baixa produtividade que têm de ser avaliadas no terreno, porque há limitações contornáveis e outras que não o são.

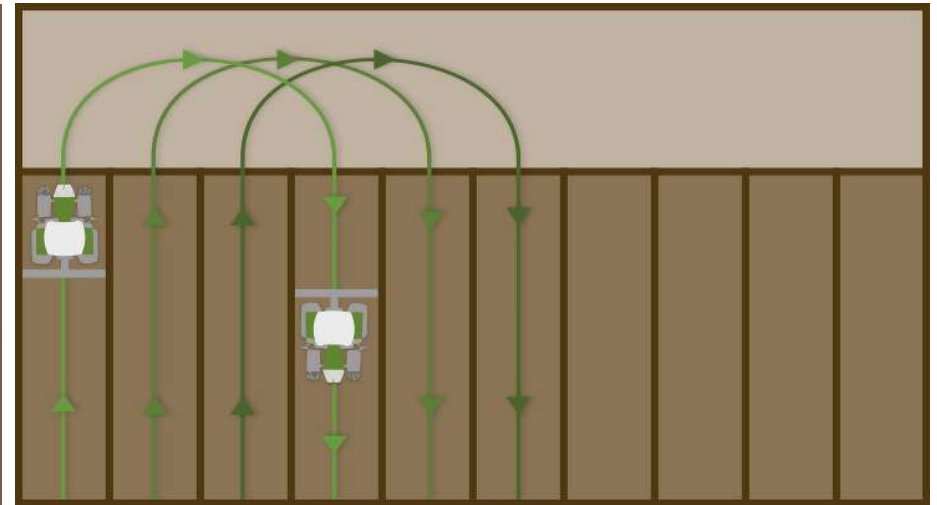
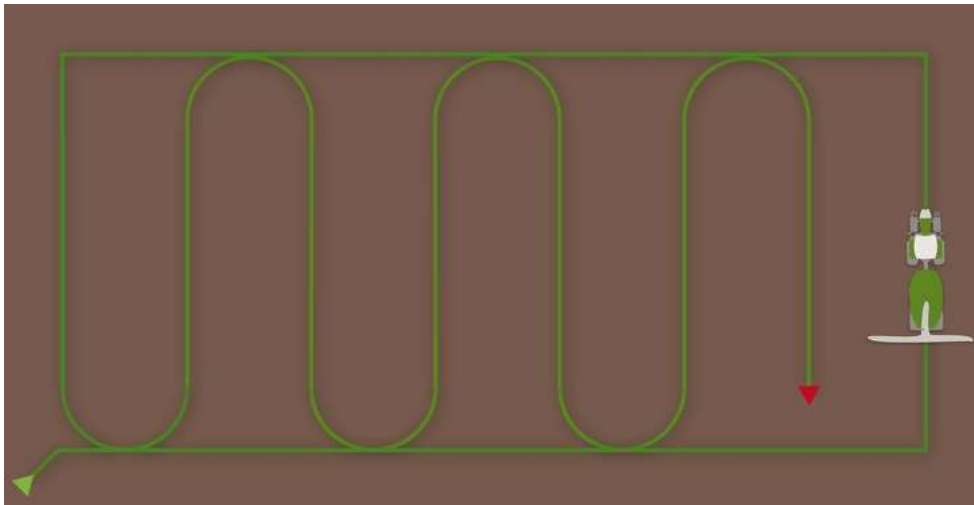
Orientação do trabalho de campo

- 
- Assistente de contornos do terreno:
 - Permite estabelecer o contorno dos limites do terreno, assegurar o paralelismo das passagens e acertar os pontos de interceção de rotas sem sobreposição.
 - Orientação no campo:
 - Permite fazer passagens paralelas sem sobreposição e falhas e que têm de estar coordenadas com as cabeceiras:
 - Consecutivas
 - Alternadas
 - Orientação nas cabeceiras:
 - Definir rotas de manobra nas cabeceiras que minimizem as perdas de tempo, reduzam a sobreposição das passagens, tornando o trabalho mais eficiente. Podem ser em:
 - Mantendo o sentido da marcha em Ω (consecutivas) e U (alternadas)
 - Manobra com inversão de marcha em Y e K

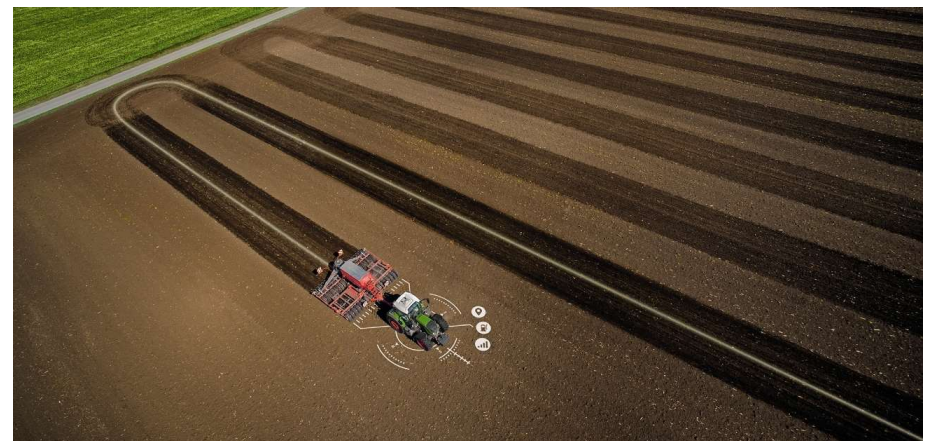
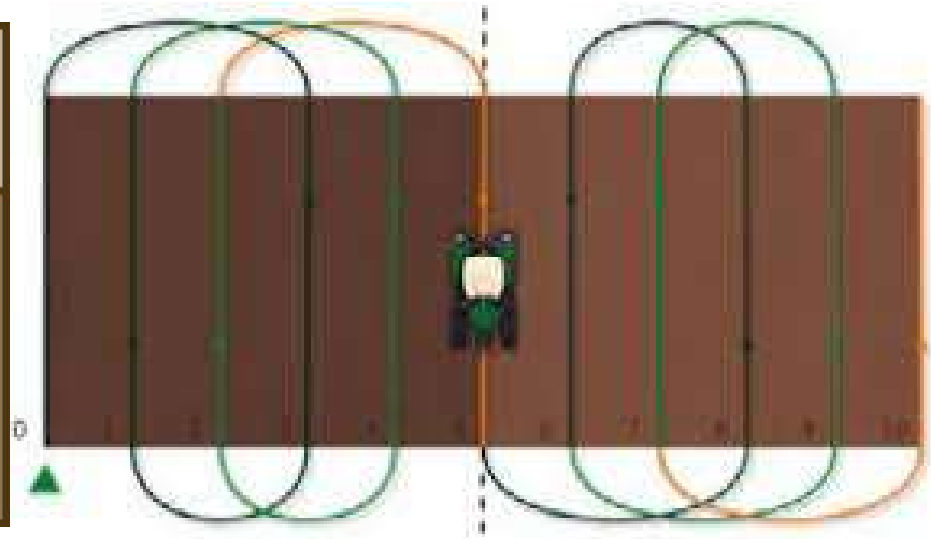
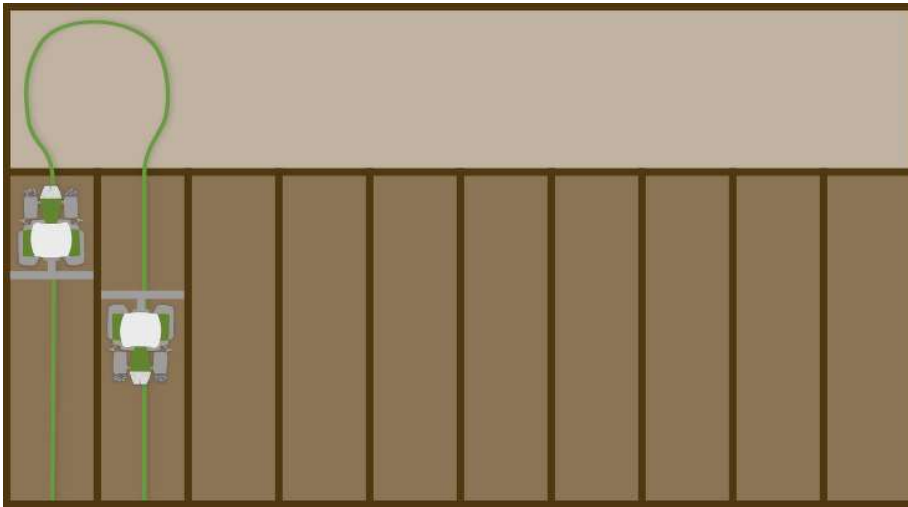
Assistente de contornos do terreno



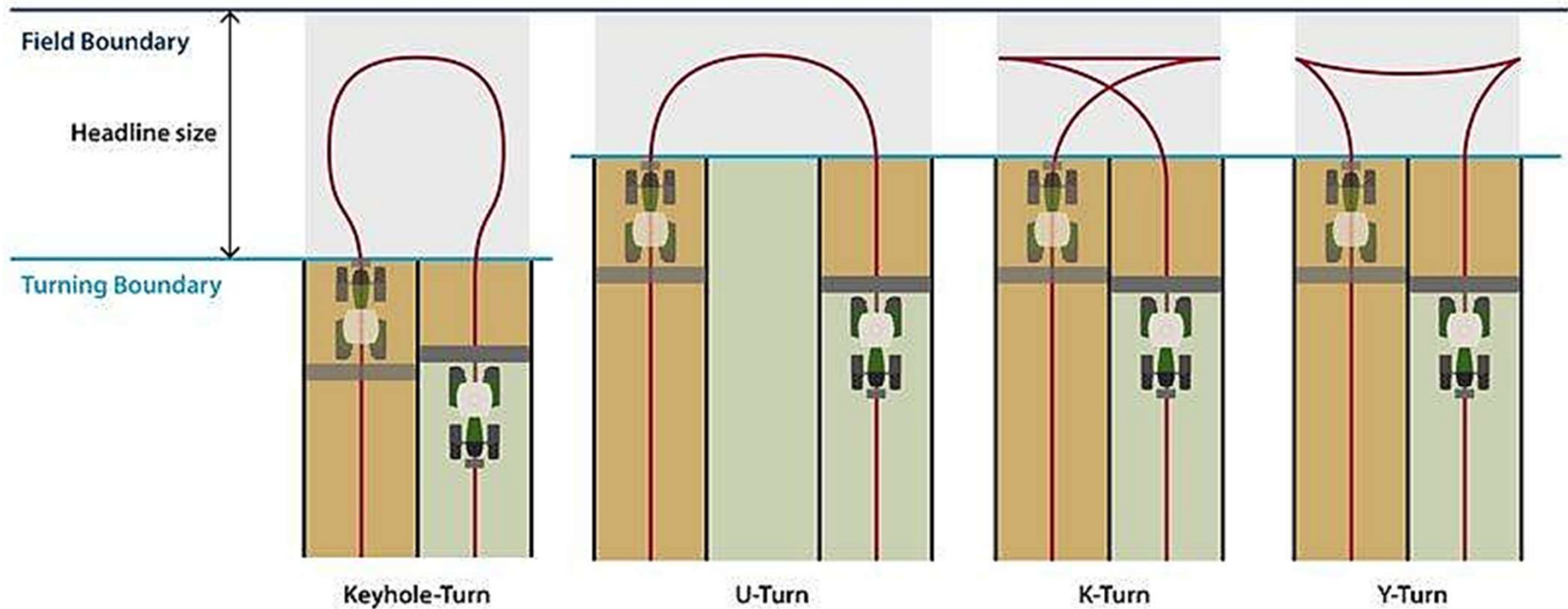
Orientação no campo: paralelas consecutivas e alternadas



Cabeceiras em U consecutivas e alternadas



Cabeceiras com inversão de marcha



Exemplo de trabalho efetuado no terreno com assistente de posicionamento

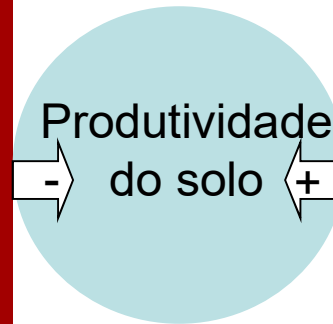


Impactos negativos da produção agrícola

- Erosão dos solos
- Contaminação de aquíferos, nomeadamente com N
- Perda de matéria orgânica nos solos
- Desertificação
- Perda de diversidade de espécies vegetais e animais, utilização indevida de pesticidas (problemas de saúde pública, contaminação de ecossistemas), etc.

Processos degradativos do solo

Erosão
Escorrimento superficial de nutrientes
Encharcamento
Desertificação
Acidificação
Compactação
Formação de crosta
Perda de matéria orgânica
Salinização
Perda de nutrientes por lixiviação
Toxicidade



Práticas conservativas do solo

Mobilização de conservação
Melhoria de drenagem
Manejo de resíduos
Conservação de água
Socalcos
Culturas segundo as curvas de nível
Fertilização química
Fertilização orgânica
Melhorias nos ciclos de nutrientes
Sistemas de cultura melhorados de acordo com as condições de solo, clima e cultivares

Impactos negativos da produção agrícola

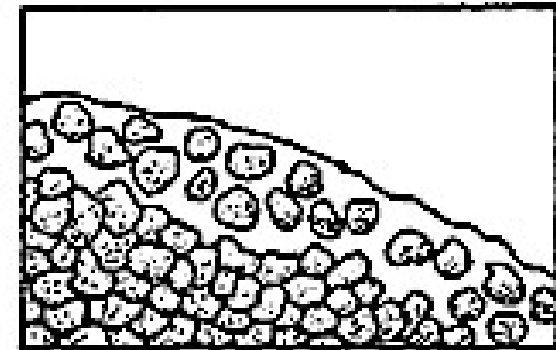
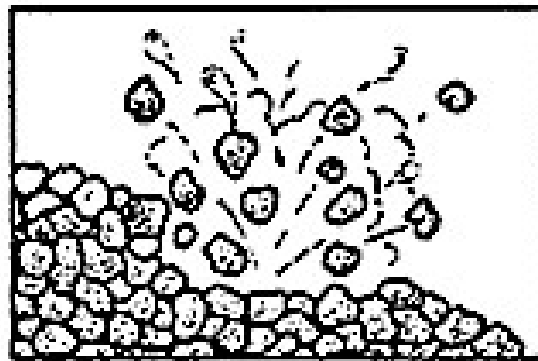
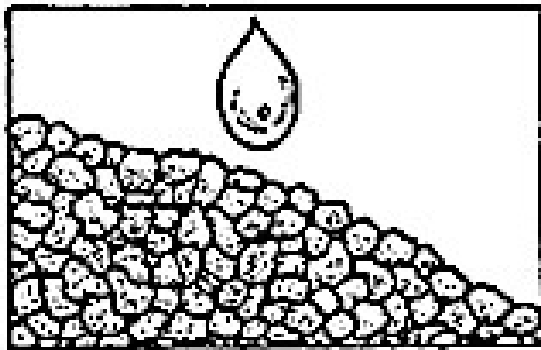
- Erosão dos solos
- Contaminação de aquíferos, nomeadamente com N
- Perda de matéria orgânica nos solos
- Desertificação
- Perda de diversidade de espécies vegetais e animais, utilização indevida de pesticidas (problemas de saúde pública, contaminação de ecossistemas), etc.

Erosão

- Processo natural que contribui largamente para a definição dos tipos de solos, em que há arrastamento de partículas sólidas por acção da água (**erosão hídrica** – forma mais frequente de erosão) ou do vento (**erosão eólica** – climas secos, solos extensos e planos);
- Dessas partículas arrastadas, destacam-se os minerais de argila primários e secundários, colóides de pequena dimensão e, embora menos frequentemente, partículas de limo, areia fina, areia grossa e até partículas de maior dimensão;

Etapas da erosão hídrica

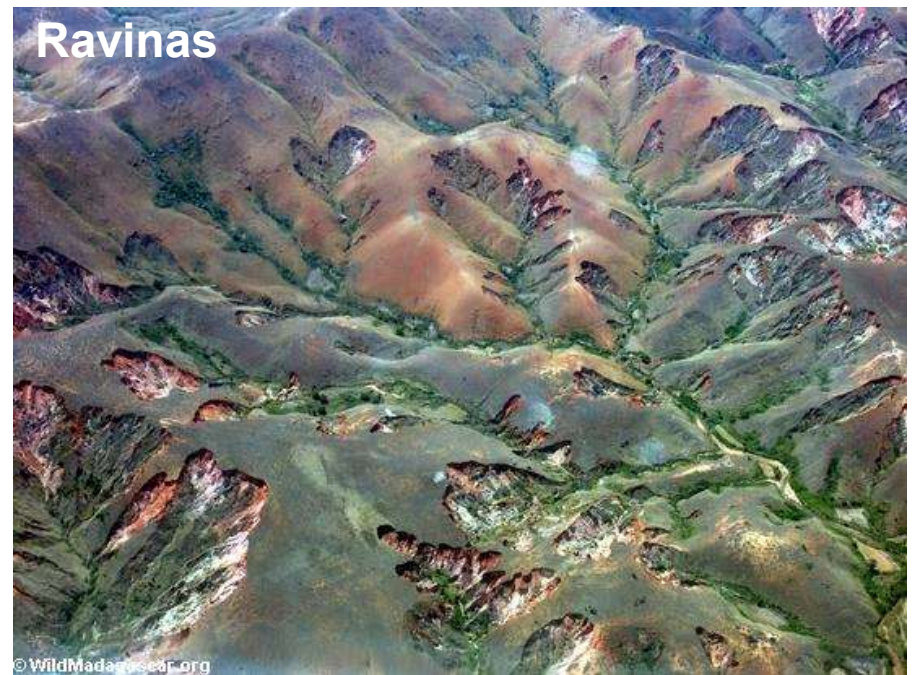
- Desagregação: acção cinética da gota de chuva sobre os agregados superficiais (efeito de salpico);
- Dispersão de partículas;
- Transporte de partículas de solo (exportação e importação).



Tipos de erosão

- **Laminar:** ação mais ligeira, arrastamento apenas de camadas superficiais;
- **Sulcos:** ação com consequências mais gravosas em que o arrastamento provoca a formação de zonas de escorrimento mais intenso, permitindo, no entanto, que máquinas transitem sobre elas;
- **Ravinas:** caso extremo, não permitindo o trânsito de máquinas sobre as zonas onde a erosão é mais intensa.

Erosão hídrica



Betsiboka river delta, o principal rio de Madagáscar, em 1983 e 2004.



- Capacidade de retenção de água ↓
- Capacidade de troca catiónica ↓
- Fertilidade dos solos ↓

Difícil reposição, pois a erosão pode fazer perder 2-5 mm ano⁻¹, enquanto que em média demora-se 5 anos para repor 1 mm (*)

Mais fácil reposição por fertilizações minerais e orgânicas, mas atenção aos custos económicos e ambientais

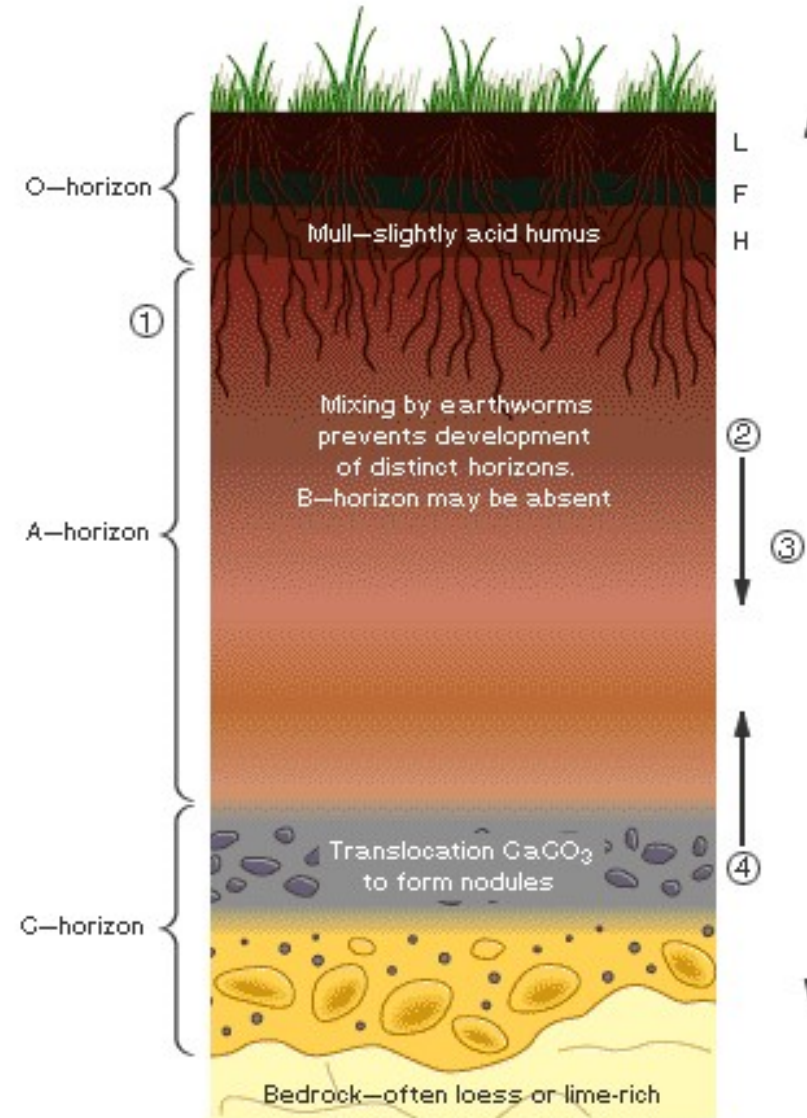
Argilas (++)
Limo (+)
Areia (-)
Outros (--)



Área degradada >>> área beneficiada

(*) Nos primeiros 15 anos num solo Chernozem na planície Russa, a espessura do perfil do solo é de 7 cm, em 100 anos é de 18 cm, em 800 anos é de 45 cm e em 2000 a 4000 anos é de 80-90 cm (Alexandrovskiy, 2007).

Perfil de solo Chernozem



- ① E (zone of eluviation)
- ② Slight leaching (after snowmelt in spring and summer storms)
- ③ Soil depth 1-2 m (3-7 ft)
- ④ Capillary action during summer when evapotranspiration exceeds precipitation



Erosão

As partículas mais pequenas, por terem maior mobilidade, tendencialmente vêm a acumular em locais mais baixos, nomeadamente lagos e rios, o que frequentemente acarreta problemas de poluição, seja por acumulação de sedimentos, seja por acumulação de nutrientes.

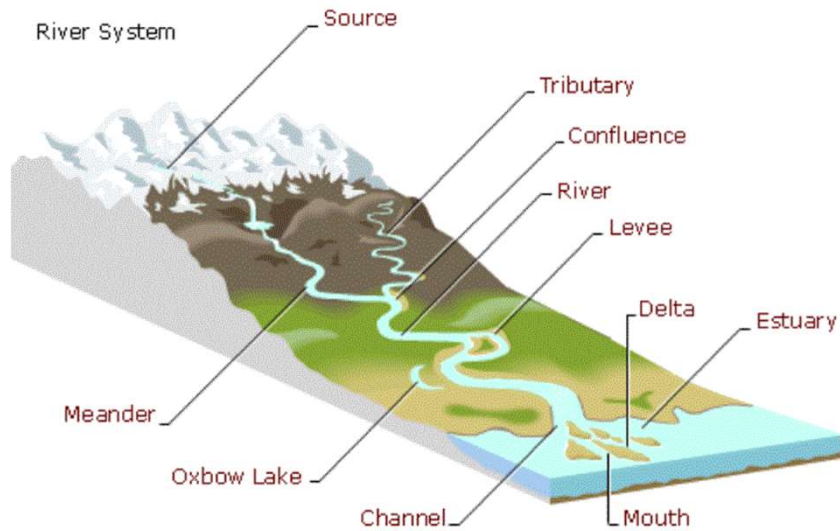


<http://vulcan.wr.usgs.gov>



<http://www.glc.org>

Erosão também pode levar à formação de novos solos, mas à custa de uma área muito superior



Equação da erosão hídrica

$$A = (R) (K) (L) (S) (C) (P)$$

- A perda de solo (toneladas/ha)
- R fator: influência da precipitação
- K fator: erodibilidade do terreno
- L fator: comprimento da encosta
- S fator: declive da encosta
- C fator: práticas culturais
- P fator: técnicas de controle da erosão

Beasley, R.P. 1972. Erosion and sediment pollution control. Iowa State University Press. Ames, Iowa, EUA.

Erosão hídrica: fatores que a influenciam

- Quanto mais intensa for a precipitação (mm unidade de tempo⁻¹), maior é a erosão;
- Quanto mais húmido estiver o solo, menor é a capacidade de variação de armazenamento, por isso encontra-se mais suscetível a movimentos laterais de solo;
- Um solo argiloso a limoso é mais erodível do que um solo arenoso, porque o peso da unidade elementar é menor;

Erosão hídrica: fatores que a influenciam

- A estrutura gromosa é a que mais favorece a infiltração, mas também é a mais erodível, porque é muito suscetível ao impacto dispersante da água;
- A capacidade de infiltração de água no solo tem grande influência na diminuição da tendência à erosão => solos compactados têm maior tendência a sofrer processos de erosão;

Erosão hídrica: fatores que a influenciam

O comprimento (L) e declive (S) da encosta têm grande influência directa na erosão:

comprimento encosta	declive		
	2%	8%	16%
30 m	0,20	0,99	2,84
90 m	0,28	1,72	4,92

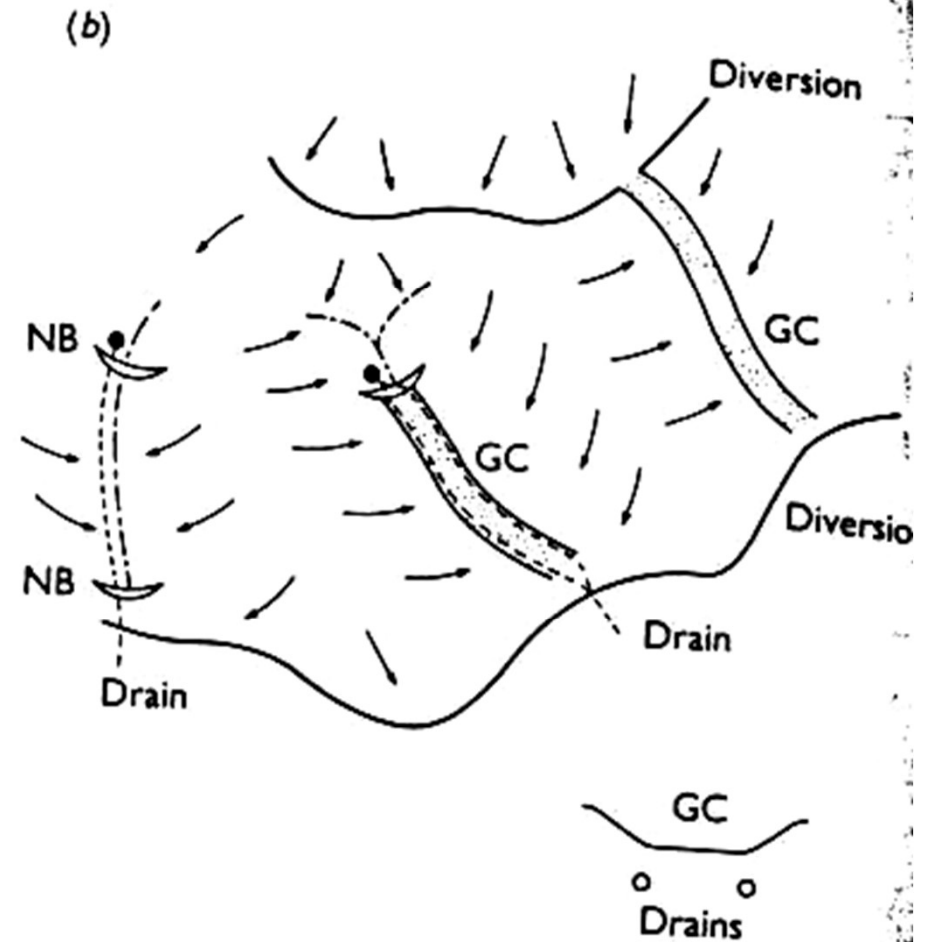
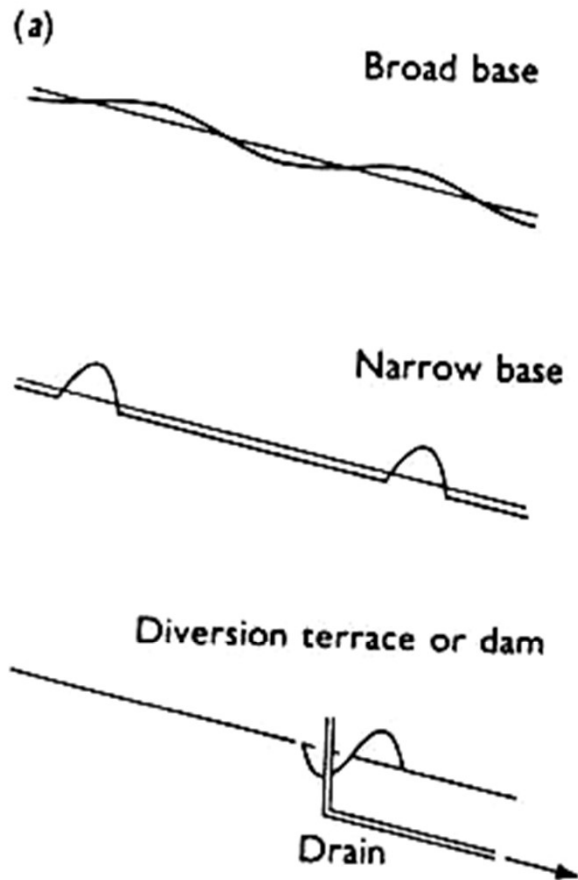
Erosão hídrica: fatores que a influenciam

O coberto vegetal providenciado por culturas e resíduos vegetais protege os solos do impacto da chuva e escoamento superficial. $C = 1$ em solos nus, mas valores muito inferiores encontram-se em solos com coberto vegetal, nomeadamente em solos com pastagens que o cubram na sua totalidade ($C < 0,01$).

Tipo de coberto	percentagem coberta		
	0%	50%	100%
cultura c/ 1 m altura	1,00	0,65	0,30
resíduos	1,00	0,30	0,03

Técnicas de controle da erosão hídrica

- Métodos mecânicos e hidráulicos:
 - Canais de desvio: percurso controlado;
 - Valados: pequenas barragens que protegem os campos de inundações;
 - Valas de escoamento;
 - Vala e câmorro (declive = 10-15%);
 - Socalcos (declives > 15%);
 - Socalcos individuais;



a) Diagrama de terraços largos, sistema de muros de desvio e vala e câmore; nos terraços as culturas são praticadas segundo as curvas de nível, sendo as zonas mais inclinadas mantidas com pastagens ou forragens de forma permanente; b) diagrama de uma zona onde foram criadas valados (NB) e canais de desvio (GC) com e sem drenos.

Valados que sustentam o movimento da água na linha de escoamento superficial, reduzem a sua energia cinética e os riscos de causar erosão.





Canal de drenagem 6 meses depois de ter sido feito por um subsolador



Zona de descarga de um tubo de drenagem em funcionamento

Técnicas de controle da erosão hídrica

- Métodos agrícolas:
 - Rotação das culturas, segundo curvas de nível (3-5%), em faixas (5 a 10%), ou outras formas.
 - Barreiras vivas .
 - Sistemas de mobilização do solo (nível de resíduos).
 - Procurar ter encabeçamentos adequados aos sistemas de agricultura, pois, para além do sobre-pastoreio, o excessivo pisoteio causa uma maior compactação e fragmentação nas camadas superficiais do solo, o que reduz a taxa de percolação, tornando assim o solo mais sujeito à erosão hídrica e eólica.

- Culturas em socalcos ou em terraços;
- Melhoria dos sistemas de captação e distribuição de água (quantidade e qualidade) e reutilização de água drenada;
- Utilização de barreiras vivas;
- Rotação de culturas com afolhamento;



Sistemas de mobilização do solo

Mobilização clássica



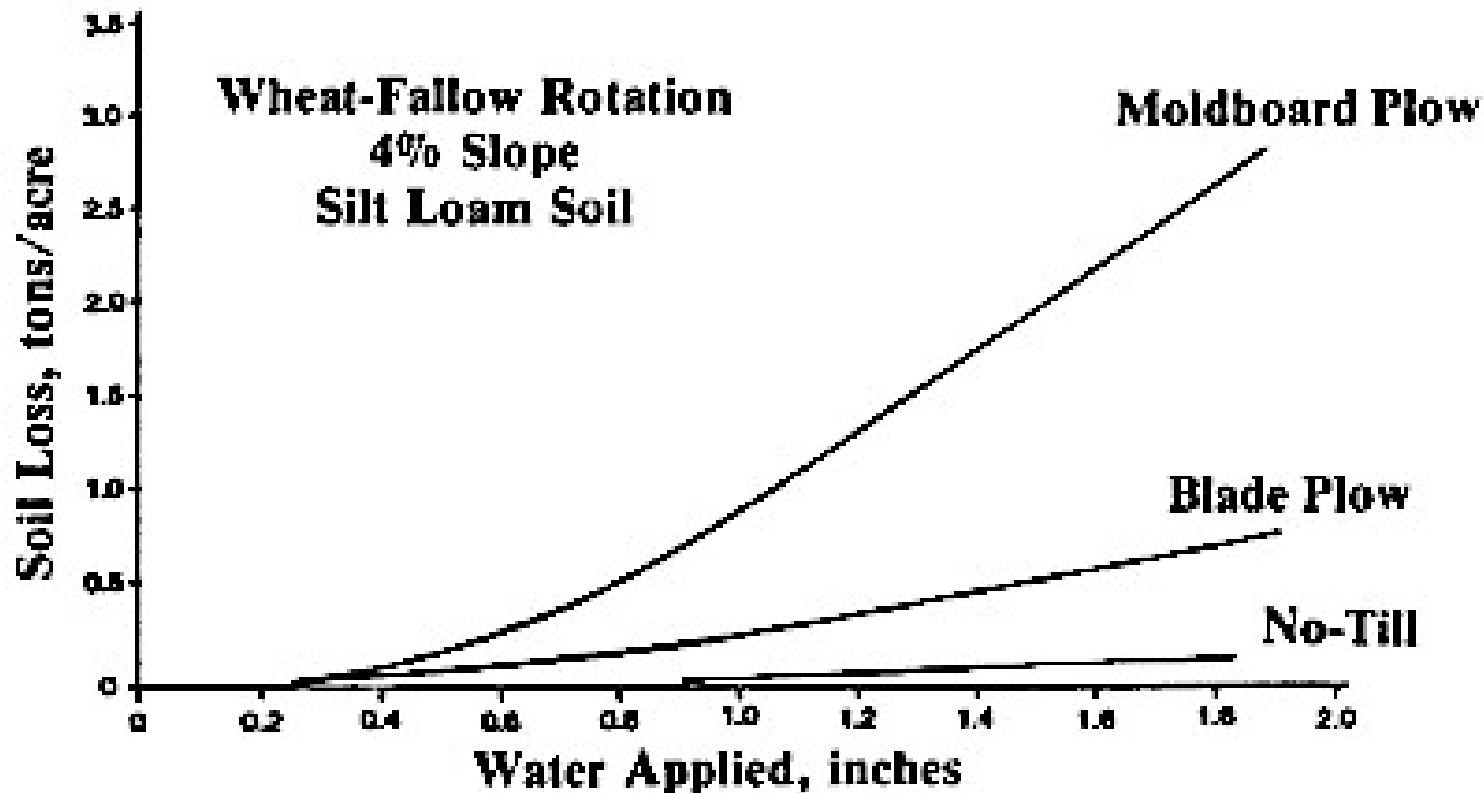
Mobilização mínima



Não mobilização

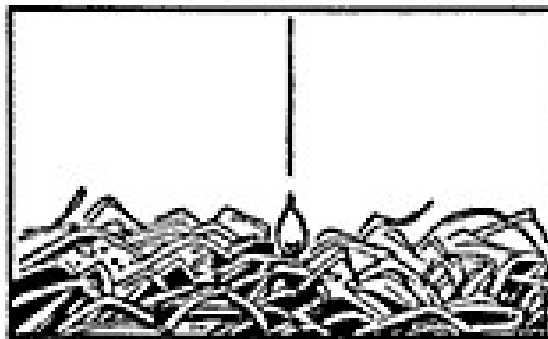
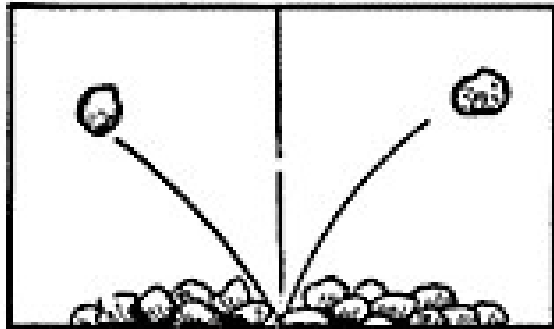


Efeito de diversas técnicas de mobilização do solo na erosão de um solo franco limoso (Nebraska, EUA) anteriormente cultivados com trigo (água aplicada a uma cadência de 100mm/hora)



As gotas de chuva podem dispersar partículas de solo nu até 1 m de distância.

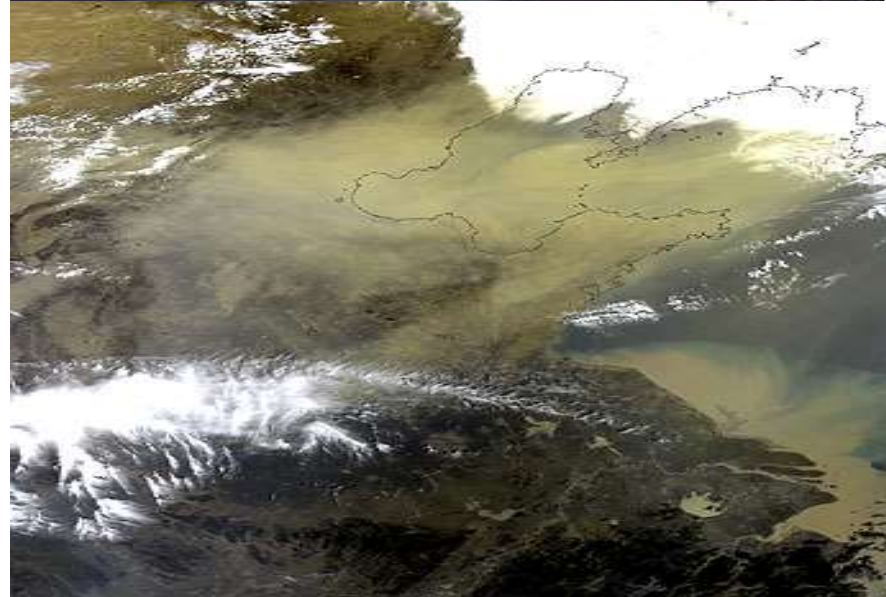
Resíduos vegetais à superfície do solo evitam o efeito dispersante da chuva. Os resíduos proporcionam a formação de bolsas de água que tendem a acumular sedimentos e desse modo há pouco arrastamento de partículas para fora desse solo.



Erosão eólica

- Situação menos frequente, mas que em diversos países atinge proporções preocupantes, nomeadamente quando o clima é seco e largas extensões de solo ficam desprotegidas por algum tempo, nomeadamente devido ao sistema de mobilização;
- Nos anos 30, devido a secas prolongadas na Primavera nos USA, os problemas com a erosão eólica levaram vários agricultores à ruína;
- Situações mais drásticas são as que se passam em diversos desertos que, apesar de neles normalmente não se praticar a agricultura, a sua tendência é de se expandirem por ação do vento, nomeadamente para regiões de cultivo e de floresta.

Erosão eólica



Técnicas de controle da erosão eólica

- Sistema de mobilização do solo (pela presença ou não de resíduos à superfície);
- Rotação de culturas;
- Culturas em faixas;
- Quebra ventos;
- Utilização de resíduos vegetais;
- Mobilização na direção perpendicular à direção predominante do vento;
- Fixação de dunas.

Rotações / culturas em faixas



Restolho alto (maior quantidade de resíduos vegetais)



Quebra ventos (sebes vivas)



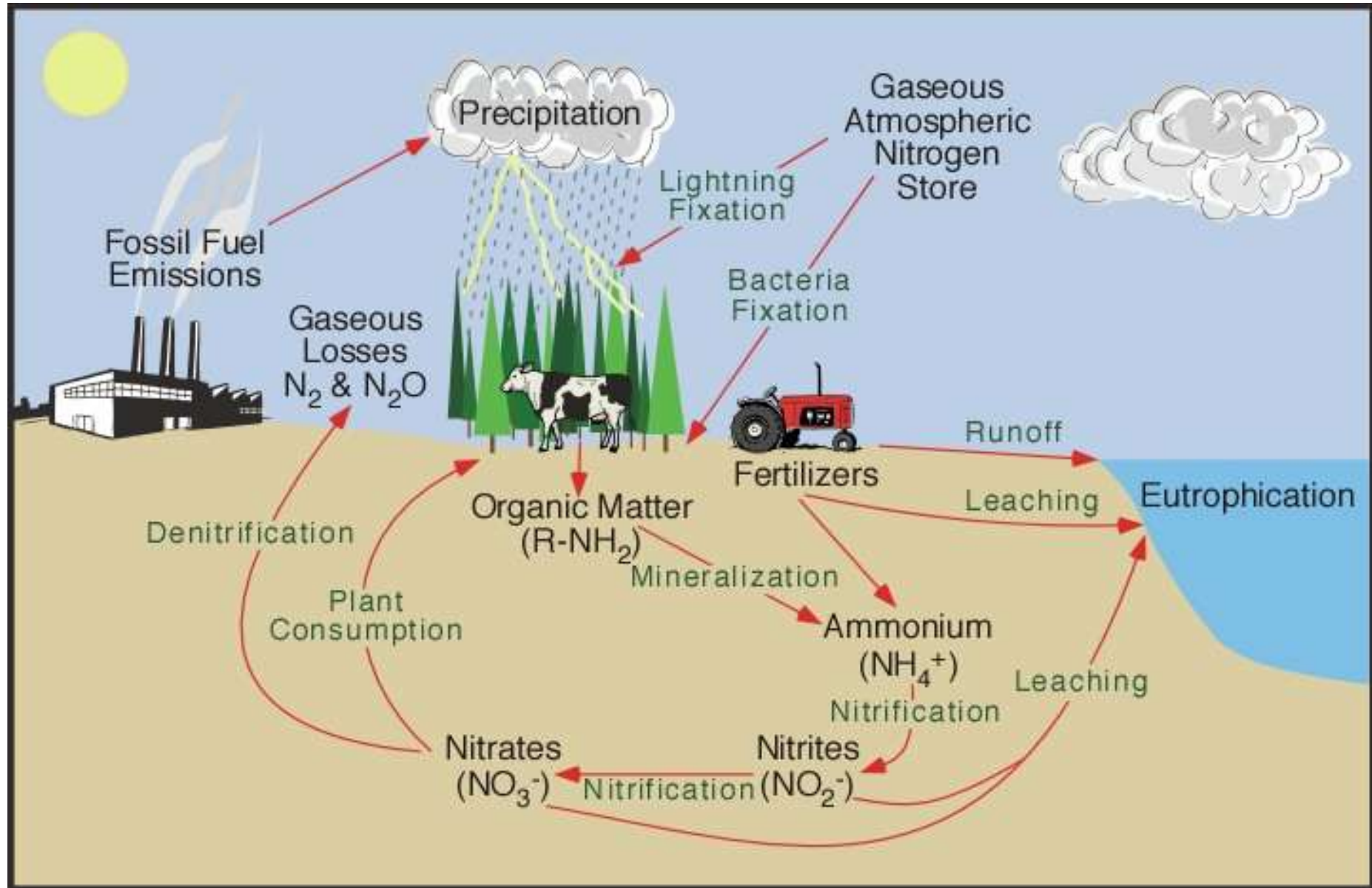
Orientação das mobilizações do solo



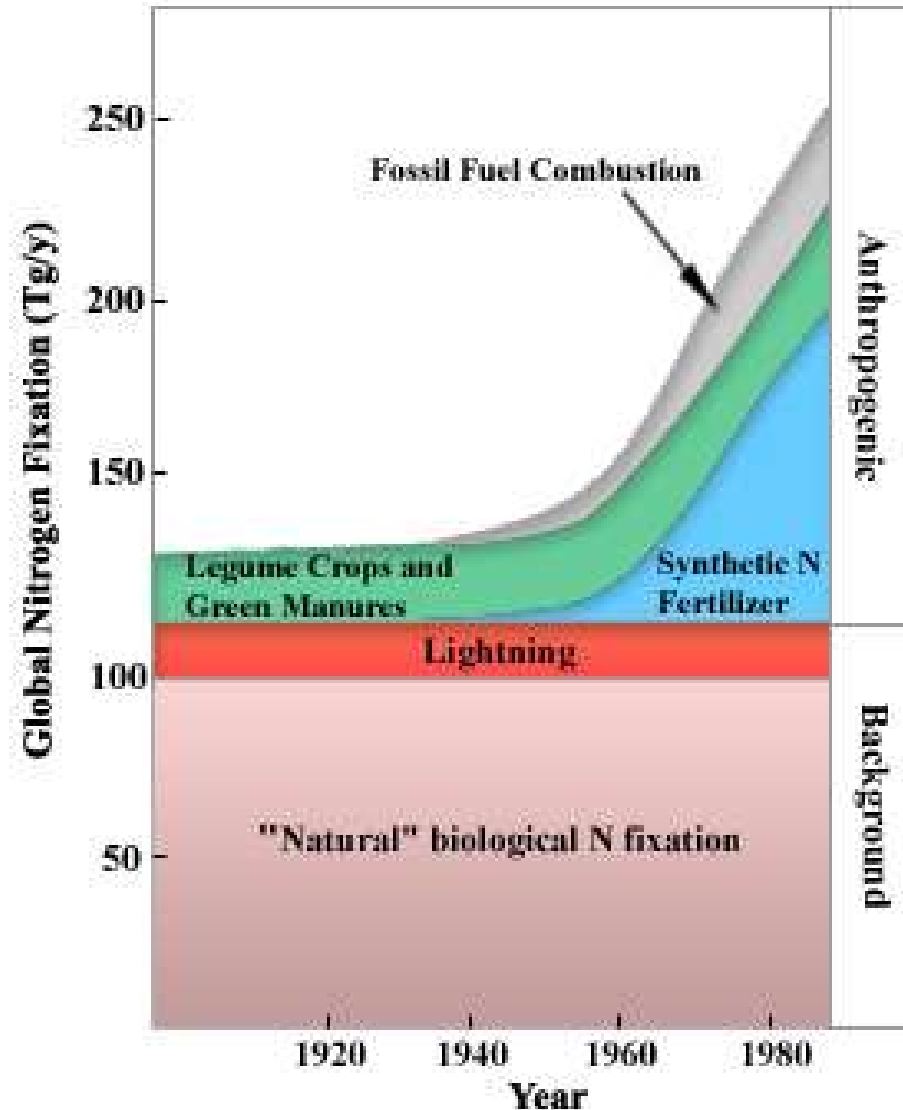
Contaminação de aquíferos, nomeadamente com N



Ciclo do N



Aumentos recentes na fixação de N por ação do homem relativamente à sua fixação “natural”.



Adaptado de Vitousek, P. M. and P. A. Matson (1993). Agriculture, the global nitrogen cycle, and trace gas flux. *The Biogeochemistry of Global Change: Radiative Trace Gases*. R. S. Oremland. New York, Chapman and Hall: 193-208

Contaminação de aquíferos com N

- Quantidade de N usado na agricultura (frequentemente $50-400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$);
- Forma de aplicação de N:
 - Mineral
 - Orgânico
 - Origem animal
 - Origem vegetal
- Frequência de aplicação de N ($1-10 \text{ X ano}^{-1}$);
- Proximidade de aquíferos
 - Horizontal, se na bacia hidrográfica
 - Profundidade do aquífero (5-200 m)
- Ritmo de precipitação/rega;
- Taxa de aproveitamento de N pelas plantas (20-80%).

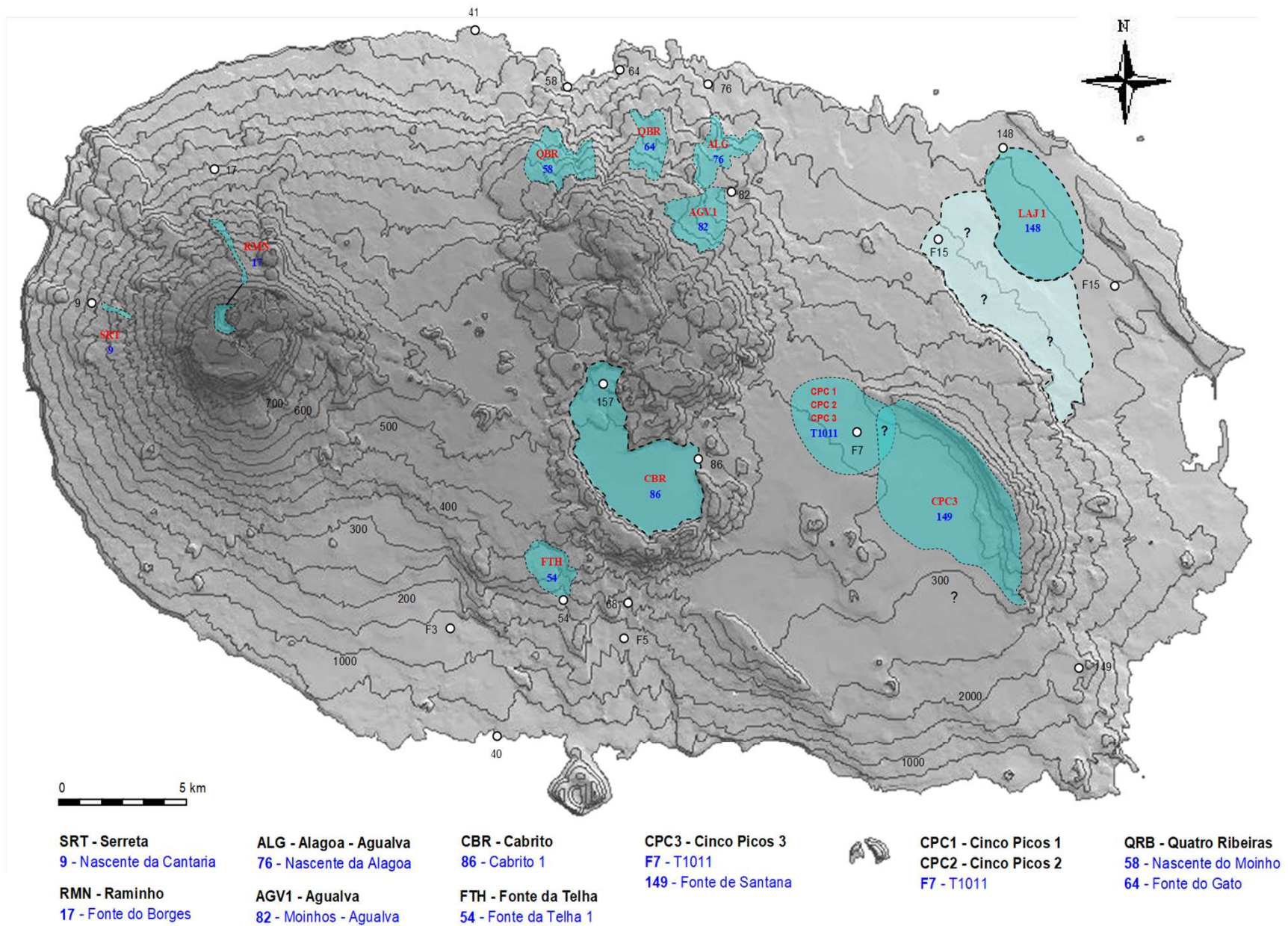
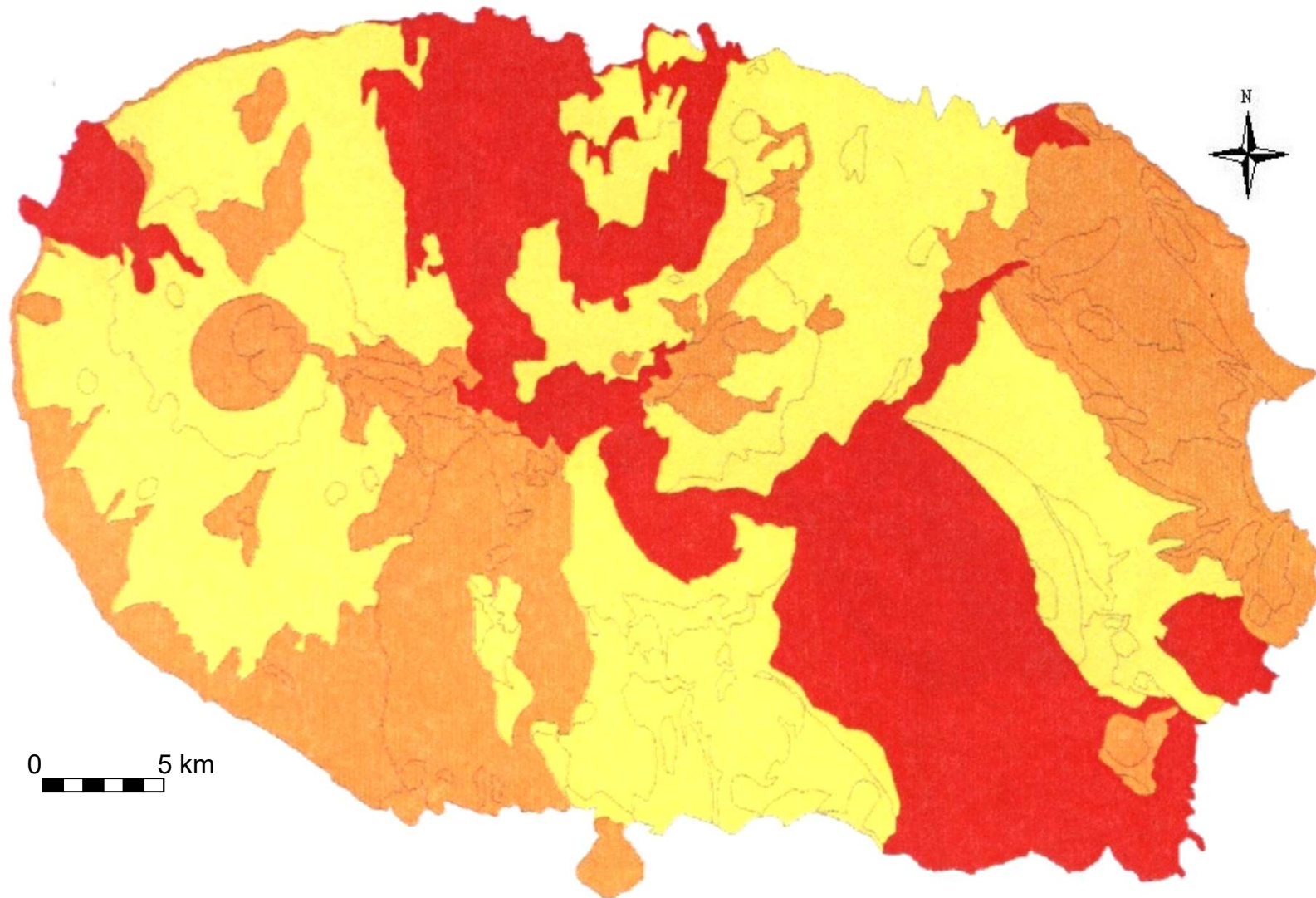


Figura 8.40 - Localização provável das zonas de recarga dos aquíferos suspensos LAGE 1, CPC 3, CBR, FTH, AGV 1, ALG, QRB, RMN e SRT.

Rodrigues F.C. (2002), Estudo hidrogeológico da ilha Terceira. Tese de doutoramento, Açores, Portugal.



- Lavas com tubos ou cavidades abundantes - MUITO ALTA
- Lavas muito fracturadas e uma alteração média; piroclastos com calibração média e pouco alterados - MÉDIA a ALTA
- Lavas muito fracturadas e pouco alteradas; piroclastos não alterados; depósitos de vertente, areias de praia; sectores centrais de caldeiras vulcânica - ALTA

Perda de matéria orgânica do solo

2.65 — Matéria orgânica do solo ou matéria orgânica endógena: restos de plantas e de outros seres vivos, parcial ou completamente decompostos, mas ainda de origem reconhecível, e uma mistura complexa de material orgânico já decomposto e modificado, ou sintetizado de novo, designado por húmus.

2.66 — Matéria orgânica exógena: material orgânico fornecido ao solo, com várias origens: resíduos vegetais e compostos orgânicos incluindo estrumes, chorumes, lamas e resíduos sólidos urbanos, entre outros.

In Manual de Boas Práticas Agrícolas - Despacho nº 1230/2018, DR 2ª Série – Nº 25 – 5 de Fevereiro de 2018

Balanço de matéria orgânica no solo; principais factores de que depende:

- Tipo de vegetação (natural, cultivada);
- Clima (temperatura e precipitação);
- Textura do solo;
- Capacidade do solo reter água;
- Tipo e frequência de mobilização do solo;
- Atividade microbológica do solo;
- Adição de fontes externas de matéria orgânica (resíduos animais, vegetais, agro-industriais).

Balanço húmico sem estrumação ou incorporação de resíduos

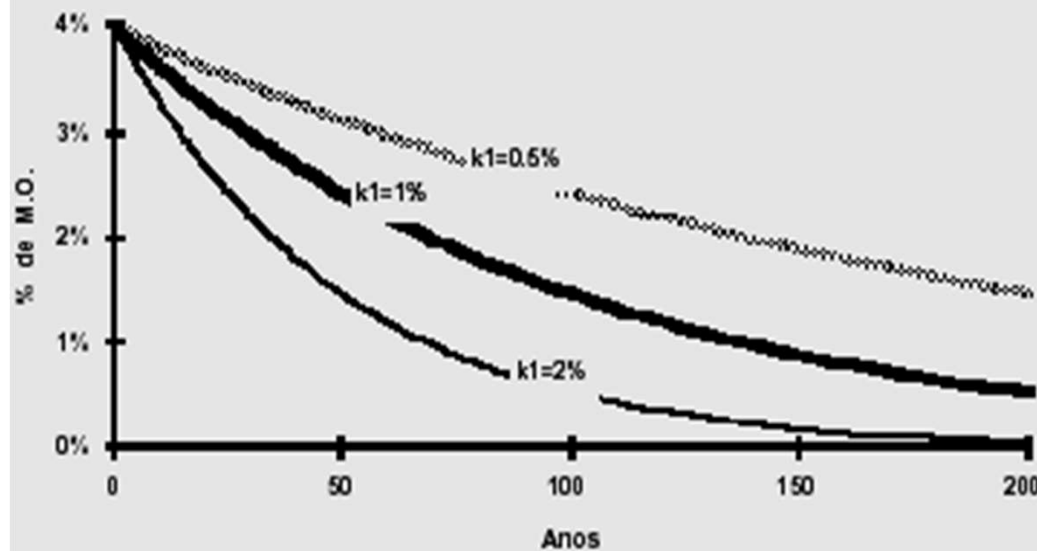
$$A = A_0 (1 - k_1)^n$$

A - Teor actual de matéria orgânica (%)

A_0 - Teor inicial de matéria orgânica estável (%)

k_1 - Taxa de mineralização anual (ano^{-1})

n - tempo (anos)



Balanço húmico com estrumação ou incorporação de resíduos

k_2 - coeficiente isohúmico

x - quantidade de resíduos/estrupe incorporados

$$\begin{array}{l}
 t_0 \quad A_0 \\
 t_0 \quad A_0 + k_2 x \\
 t_1 \quad (A_0 + k_2 x)(1-k_1) + k_2 x \\
 t_2 \quad [(A_0 + k_2 x)(1-k_1) + k_2 x](1-k_1) + k_2 x \\
 t_3 \quad \{[(A_0 + k_2 x)(1-k_1) + k_2 x](1-k_1) + k_2 x\}(1-k_1) + k_2 x \\
 t_3 \quad \{[(A_0 + k_2 x)(1-k_1)^3 + k_2 x(1-k_1)^2]\} + k_2 x \\
 t_n \quad [(A_0 + k_2 x)(1-k_1)^n + k_2 x(1-k_1)^{n-1}] + k_2 x
 \end{array}$$

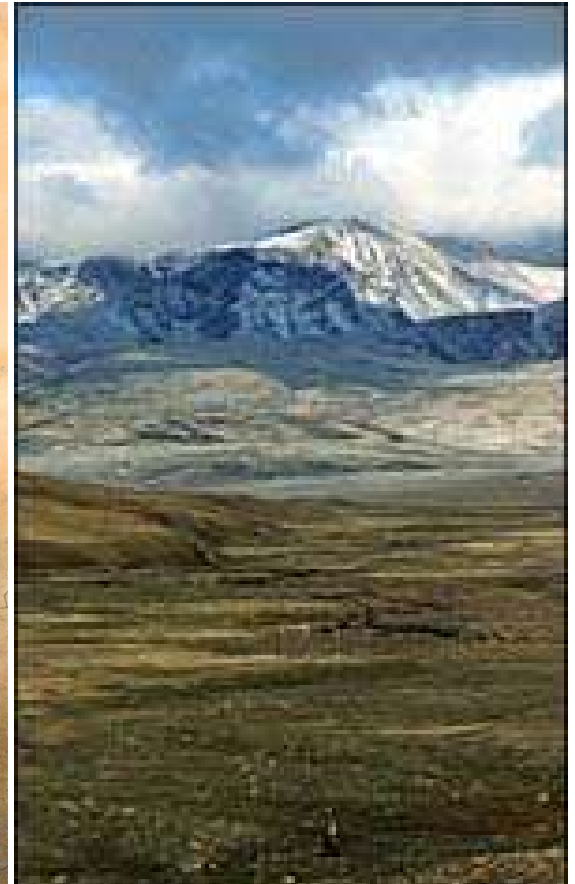
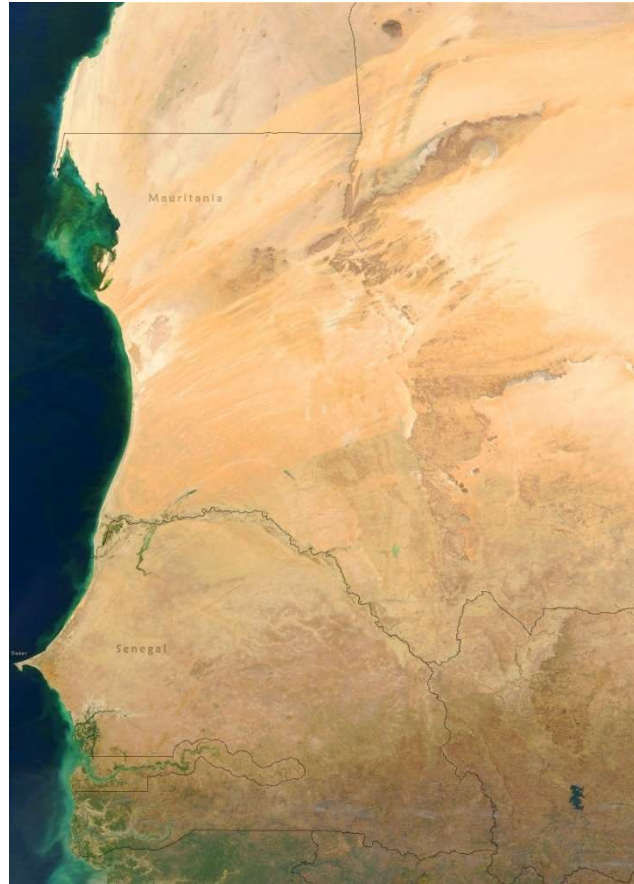
Balanço húmico com estrumação ou incorporação de resíduos

Natureza dos resíduos	MS (t.ha-1)	Húmus (kg.ha-1.ano-1)
Beterraba	3-6	450-900
Batata	0.5	Negligenciável
Trigo (palha exportada)	2-4	300-600
Cevada (palha exportada)	1-2	150-300
Milho (5 ton.ha-1) (Colmos enterrados)	5	750
Palha de trigo	4	400
Luzerna (2 anos)	5-8	500-800
Prado temporário (3 anos)	15-18	750-900
Mostarda branca	3	Negligenciável
Estrume de quinta (de 5 em 5 anos)	8	320-640

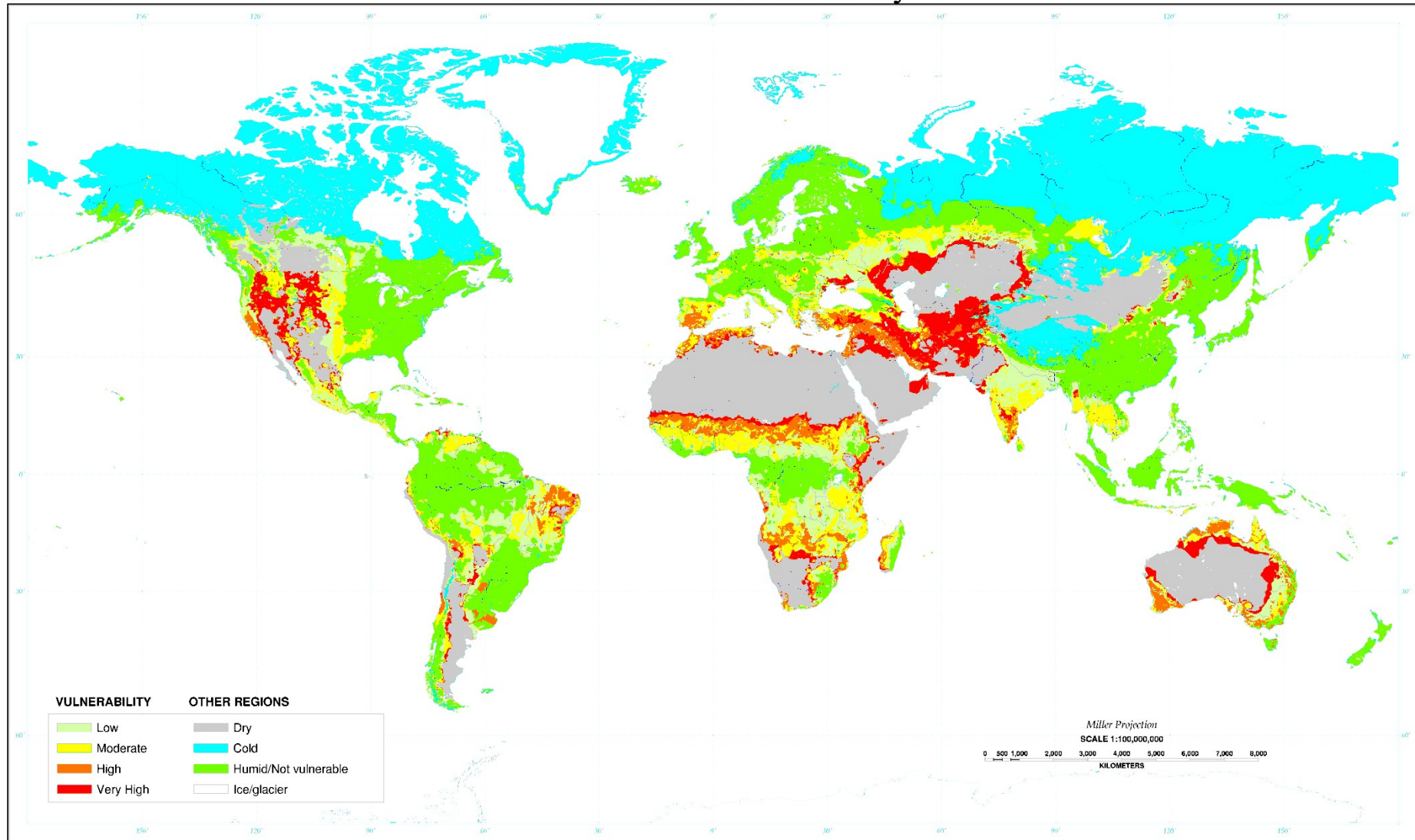
Material orgânico	Coefficiente iso-húmico
Estrume bem decomposto	0.5
Estrume mais ou menos palhoso	0.2-0.4
Detritos vegetais lenhosos mas ainda ricos em azoto, palhas enterradas com adubos azotados	0.15-0.3
Palhas mal misturadas com o solo, sem fornecimento de azoto, detritos lenhosos	0.08-0.15

Deserto

- Zona ou região sem população;
- Solitário;
- Selvagem;
- Geralmente árido



Desertification Vulnerability



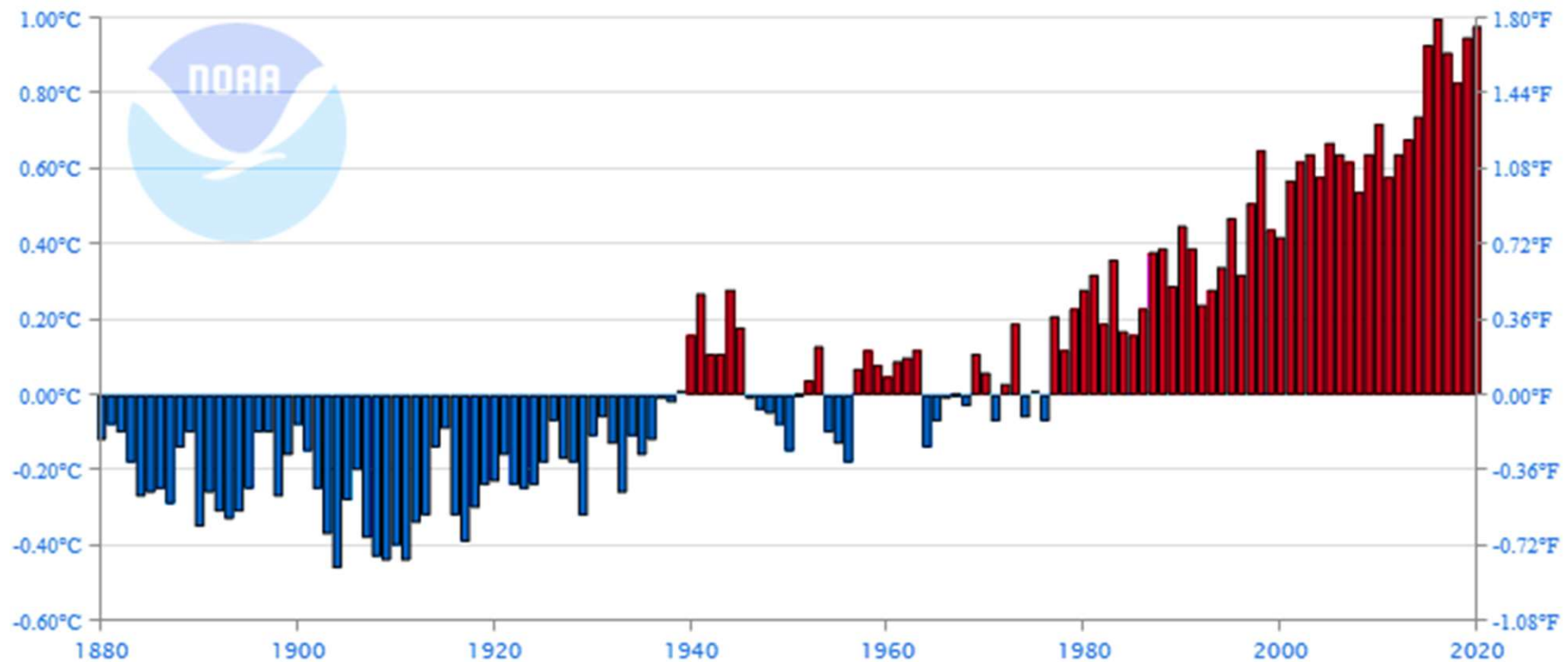
Soil map and soil climate map, USDA-NRCS, Soil Survey Division, World Soil Resources, Washington D.C.

<http://www.publico.pt/ecosfera/noticia/nasa-coloca-2012-entre-os-dez-anos-mais-quentes-desde-1880-1580884>

Alterações na temperatura média anual global entre 1880 e 2020

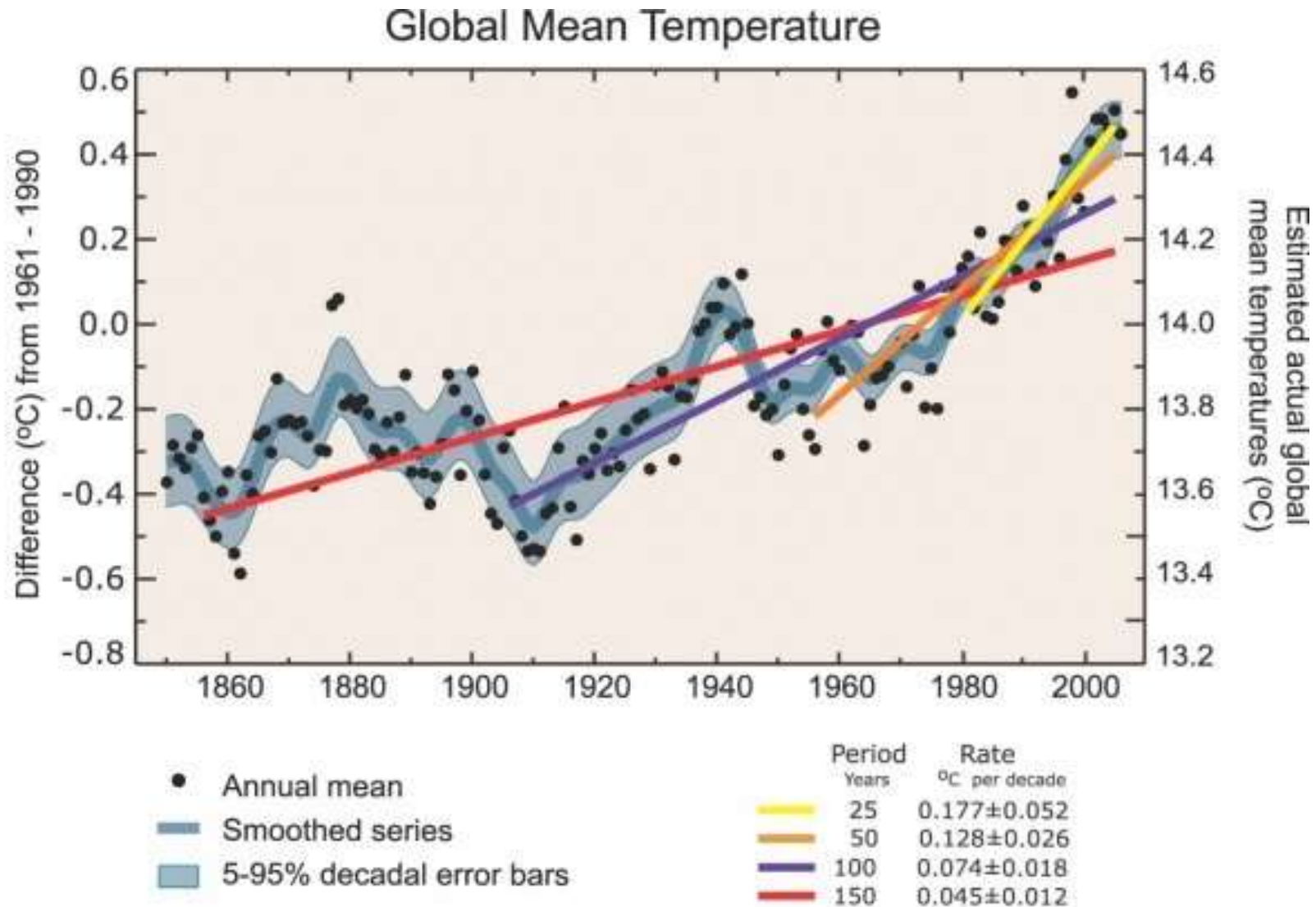
Global Land and Ocean

January–December Temperature Anomalies



<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202013>

A temperatura média anual subiu assim como a respetiva taxa de incremento

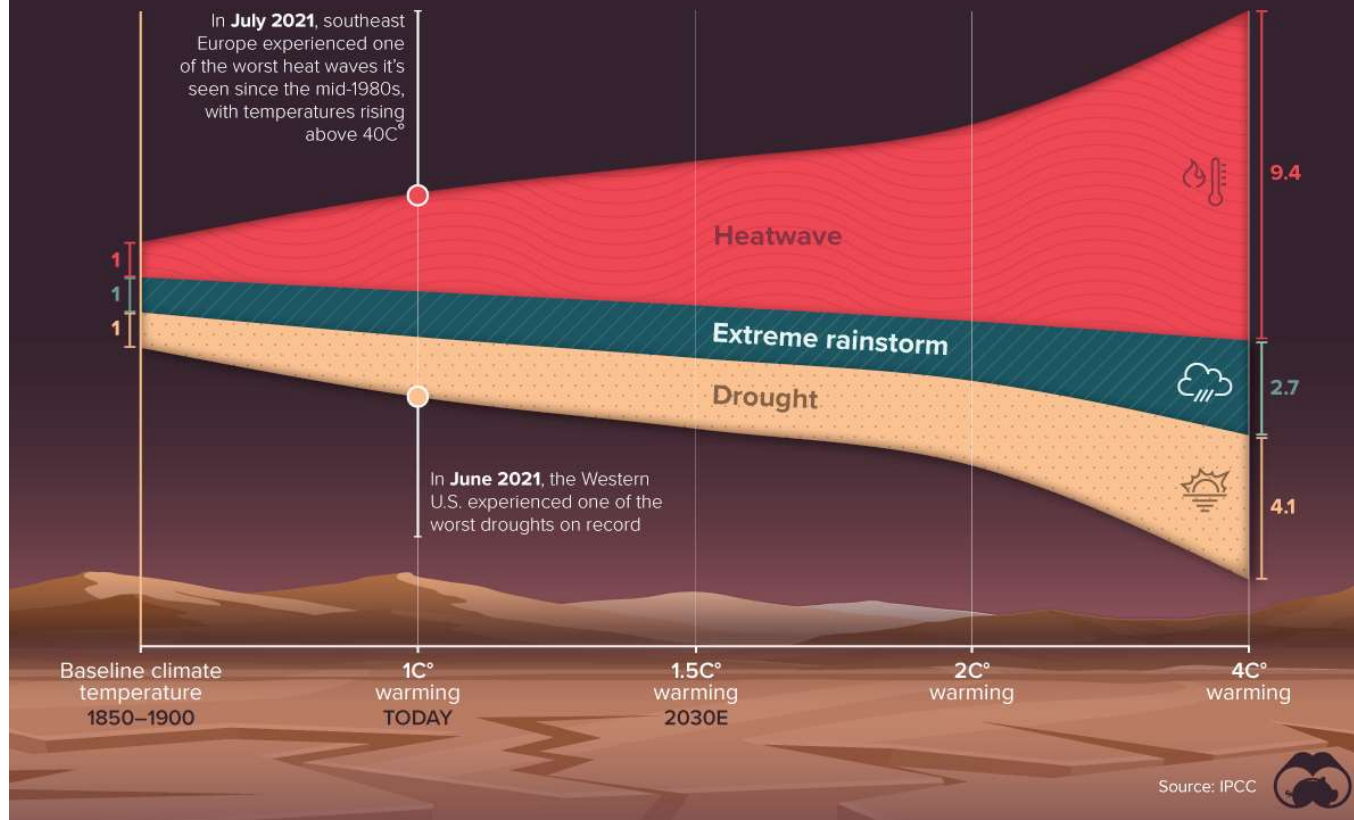


The Accelerating Frequency of Extreme Climate Events

As the world heats up, extreme climate events like droughts and heatwaves are becoming increasingly more common. If temperatures continue to rise, things are expected to get even worse.

Here's how much the frequency of catastrophic climate events has increased in the past 200 years, and what could happen if temperatures keep rising.

Frequency of extreme events that used to be "once-in-a-decade"



Normalmente a agricultura agrava a tendência para a desertificação quando a utilização de recursos atinge um nível para além do aceitável

O que causa na maioria das vezes:

- **Seca** (intensidade da agricultura depaupera os aquíferos);
- **Erosão hídrica e eólica** (mobilização do solo, monocultura, pouca diversidade cultural);
- **Salinização** (rega, fertilização);
- **Toxicidade de sais** (fertilização, pesticidas, contaminação de metais pesados, rega);
- **Redução drástica do pH** (fertilização, rega).

Condições ambientais que mais favorecem a desertificação:

- Climas secos;
- Solos com fraca aptidão cultural (inclinados, com pouca espessura, elevada pedregosidade, salinidade, fraca capacidade de retenção de humidade e com elevada tendência para o encharcamento).

Mas as condições económicas podem favorecer também a desertificação:

- Agricultura intensiva que cria problemas ambientais com custos de remediação demasiado elevados;
- Agricultura não competitiva, seja por alterações das condições de mercado, seja por alteração das regras de subsidiação.

Portugal Continental em risco?

- Sim, à semelhança da Espanha, Grécia e Turquia e todos os países do Norte de África.
- As razões são várias, mas destaca-se a salinização dos solos, stress hídrico, perda de fertilidade e perda de produtividade em consequência da combinação de vários fatores:
 - Secas;
 - Cheias;
 - Incêndios florestais;
 - Ação humana, nomeadamente sobrepastoreio e excesso de mobilização do solo.

Países Mediterrânicos em risco

- A situação tem-se agravado pela crise económica e social da agricultura tradicional e consequente migração das populações rurais para as zonas urbanas.
- Consequentemente a terra é abandonada, nomeadamente em solos marginais e declivosos, e também devido a más estratégias agrícolas e fraco maneio do solo.

Países Mediterrânicos em risco

- A modernização da agricultura também traz problemas:
 - Fertilizantes, pesticidas, regadio, contaminação por metais pesados e a introdução de espécies exóticas invasoras prejudicam a “saúde” dos solos a longo prazo.
 - Alterações físicas nos cursos de água pela construção de barragens, desvio de rios e a drenagem de pântanos estão a prejudicar gradualmente a qualidade da água.

Países Mediterrânicos em risco

- Entretanto os níveis de água sub-superficial estão a baixar, resultando, entre outras razões, na intrusão de água salgada em aquíferos próximos da costa.
- Cerca de 80% da água disponível destas regiões é usada em irrigação.
- O contínuo e dramático crescimento da indústria, turismo, agricultura intensiva e outras atividades nas áreas costeiras está colocando problemas muito difíceis de resolver.

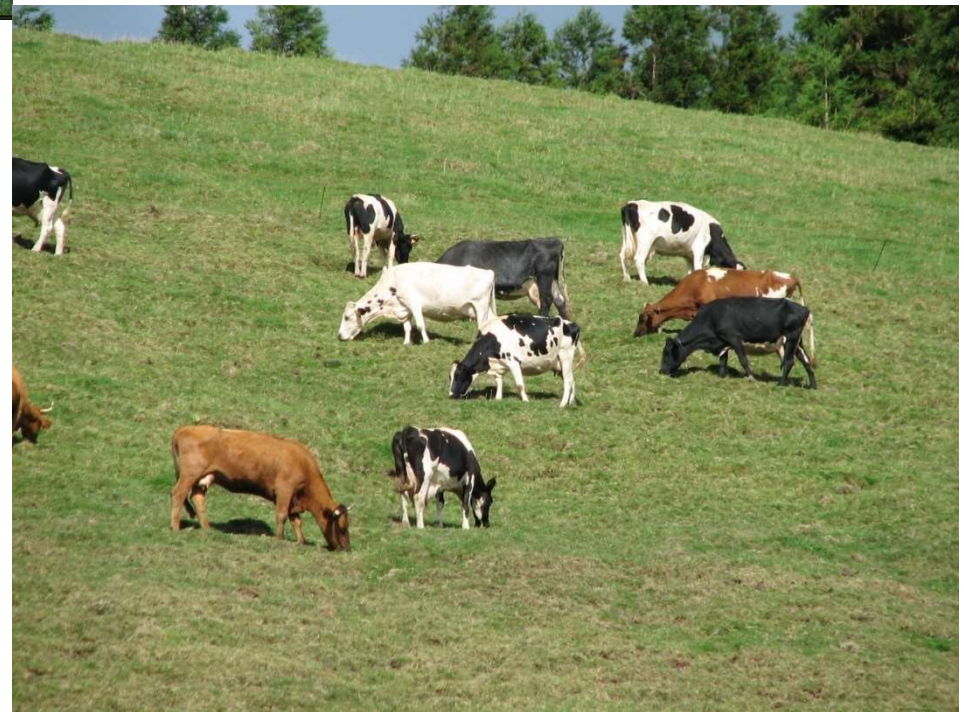
Avaliação de três “case study”

- Sistemas agropecuários com graus de intensidade diferenciados nos Açores.
- Produção de trigo convencional com diversos graus de intensidade e produção ecológica na Europa continental.
- Long Term Research on Agricultural Systems (LTRAS) em Davis, California.

Sistema intensivo



Sistema extensivo



Comparação de dois sistemas de produção agro-pecuária nos Açores

- Empresa familiar
- Exploração empresarial
- SAU = 52 ha (próprio)
- Área autoconsumo = 0
- Parcela única entre 200 e 250 m
- Mão de obra familiar = 1 UHT e contratada = 2.5 UHT

- Empresa familiar
- Exploração comercial
- SAU = 23,2 ha (12,6 ha próprio e 10,6 ha alugado)
- Área autoconsumo = 2000 m²
- Parcelas 3: 2 distanciadas de 2-3 km a 120-150 m, e 1 a 12 km a 500 m
- Mão de obra familiar = 2 UHT

Sistema intensivo



Sistema extensivo



- Encabeçamento = 2.7-2.8 CN/ha
- Fertilização: N = 250 kg/ha, P = 30 kg/ha, K = 0 kg/ha
- Culturas: 47-48 ha de erva castelhana ressemeada anualmente e 4-5 ha pastagem permanente semi-espontânea
- Conservação de forragem: fenossilagem em 47-48 ha (1 corte) de fim de Março a Junho

- Encabeçamento = 1,3 CN/ha
- Fertilização: N = 36 kg/ha, P = 12 kg/ha, K = 0 kg/ha
- Culturas: 19,3 ha pastagem permanente semi-espontânea e 3,9 ha rotação milho erva castelhana
- Conservação de forragem: 3,9 ha milho silagem e 1(?) ha feno

Sistema intensivo



Sistema extensivo



- Equipamentos: de ordenha, frigorífico, tratores, máquinas de fertilização, gadanheiras, enfardadeira, plastificador, unifeed, semireboques, carrinha, camiã
- Equipamentos alugados: nã
- Construções: armazéns, sala de ordenha, parque de alimentação
- Alimentação das vacas: pastoreio e fenossilagem todo o ano, concentrado de Set-Jul à razão de 350 g/L leite

- Equipamentos: roçadeiras, pulverizadores manuais, alfaias de mobilização do solo de tracção animal, carrinha
- Equipamentos alugados: tratores, fresa, colhedor de milho forragem, semi-reboque, enfardadeira
- Construções: armazém de arrumos
- Alimentação das vacas: pastoreio todo o ano, feno de Nov-Jan, silagem de milho de Nov-Ago e concentrado de Nov-Mar à razão de 65g/L leite

Sistema intensivo



Sistema extensivo



- Não compra forragens
- Reprodução: partos concentrados entre Ago-Out e apenas inseminação artificial
- Produção de 790000 L leite/ano, o que equivale a 8770 L/vaca e 15190 L/ha
- Venda de 40 vitelos, 10 novilhas e 20 animais adultos por ano
- Cotação média leite: 0,29 €/L leite
- Efluentes: tem da sala de ordenha e parque de alimentação

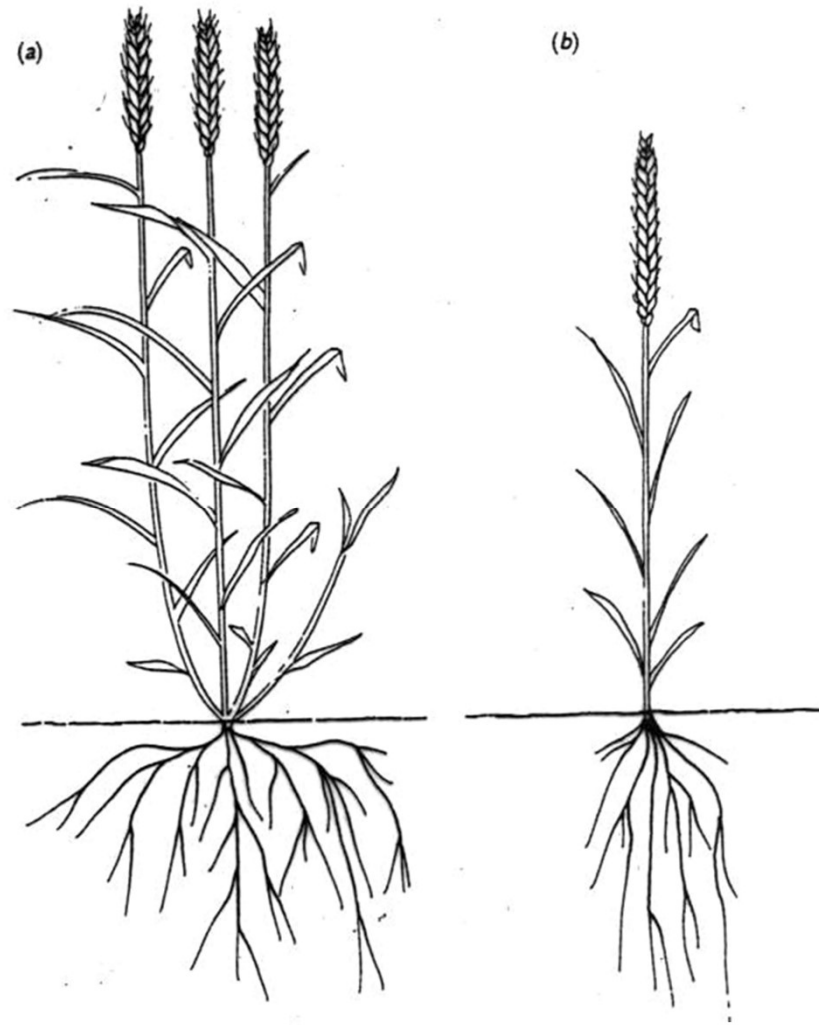
- Compra 100 fardos feno/ano
- Reprodução: todo o ano com touro e inseminação artificial em vacas seleccionadas
- Produção de 66000 L leite/ano, o que equivale a 3400 L/vaca e 2840 L/ha
- Venda de 9 novilhos(as) e 6 animais adultos por ano
- Cotação média leite: 0,22 €/L leite
- Efluentes: não tem

Sistemas de culturas com trigo com diferentes graus de intensidade

- Cultura frequentemente praticada em rotação bianual ou trianual com oleaginosas (colza ou girassol), beterraba sacarina ou culturas de regadio de primavera-verão (milho, tomate, soja, etc.); também é praticado em regime de monocultura;
- Pode ser cultivado no outono-inverno ou na primavera-verão;
- Sistemas com graus de intensidade distintos, sendo frequente encontrar-se na Europa as seguintes modalidades:
 - Muito intensivo: 500-700 espigas/m² (mais que esta densidade pode prejudicar o peso individual dos grãos);
 - Intensivo: 400-500 espigas/m²;
 - Pouco intensivo: 250-300 espigas/m².

Trigo: sistema muito intensivo

- Densidade de plantas: 400-500 plantas/m²;
- Densidade de espigas: 500-700 espigas/m²;
- Aposta num tipo de cultivares que favorecem o eixo principal (com maior potencial produtivo), em detrimento dos filhos, sendo estas maioritariamente de inverno;
- Regiões com clima húmido na primavera e verão, possibilidade de rega e solos com elevada capacidade de armazenar água, pelo que os défices hídricos são pouco expressivos;
- Elevado recurso a fatores de produção:
 - Fertilização N fracionada em fundo, aphilamento, encanamento e folha bandeira, com dotações da ordem de 200-300 kg/ha;
 - Recurso à mecanização total, com equipamento de elevada dimensão;
 - Pesticidas utilizados em larga escala;
- Produtividade elevada \approx 8 toneladas/ha.
- Dificuldades: de todos os sistemas convencionais, é o mais propenso a doenças e a problemas de acama.



Comparação entre o modelo tradicional de trigo (a) e o ideótipo de trigo para o sistema de produção mais intensivo (b), que se caracteriza de ter um caule ainda mais curto (e forte), pouco aphilamento, folhas mais verticais e uma espiga maior.

Trigo: sistema semi-intensivo

- Densidade de plantas: 200 plantas/m²;
- Densidade de espigas: 400-550 espigas/m²;
- Aposta num tipo de cultivares cujos filhos desenvolvem espigas, sendo estas frequentemente de inverno;
- Regiões com clima húmido na primavera e verão, mas com défices hídricos moderados;
- Elevado recurso a fatores de produção:
 - Fertilização N fracionada em fundo, afilhamento, encanamento e folha bandeira, com dotações da ordem de 150-200 kg/ha;
 - Recurso à mecanização total, com equipamento de elevada dimensão;
 - Pesticidas utilizados regularmente, mas em menor escala;
 - Produtividade elevada \approx 5-6 toneladas/ha.
- Dificuldades: ainda alguns problemas com doenças e provável menor rentabilidade do que o sistema mais intensivo.

Aspecto de searas de sistemas intensivo e muito intensivo



Trigo: sistema Mediterrânico pouco intensivo

- Densidade de plantas: muito variável (as condições de germinação são por vezes desfavoráveis, o que condiciona muito), mas é frequente semear-se 300-500 sementes/m²;
- Densidade de espigas: 250-300 espigas/m² (nestas condições, este é o valor limite do número de espigas sem que se prejudique o peso individual dos grãos);
- Aposta num tipo de cultivares que favorece a formação de filhos, sendo estas maioritariamente de primavera, mas cultivadas no outono-inverno;
- Regiões com clima seco na primavera e verão, normalmente sem possibilidade de rega, pelo que os défices hídricos são muito acentuados;
- Moderado recurso a fatores de produção:
 - Fertilização N fracionada em fundo e afilamento (muito raramente no encanamento e folha bandeira), com dotações da ordem de 80-120 kg/ha;
 - Recurso à mecanização total, com equipamento de elevada dimensão;
 - Pesticidas utilizados em menor escala, sendo maioritário o recurso aos herbicidas;
- Produtividade baixa \approx 2-2.5 toneladas/ha.
- Dificuldades: produtividade muito irregular, sujeito a contingências ambientais muito variáveis, e o menos rentável..

Sistema Mediterrânico pouco intensivo



Métodos alternativos de produção de trigo: agricultura ecológica

- Sistemas de rotação com pastagens, do género Past-C-C-C com culturas intercalares de trevo violeta (fava ou tremoço também servem) e erva castelhana consociados entre o 1º e o 2º cereal, e trevo violeta estreme como cultura intercalar entre o 2º e o 3º cereal;
- O combate às infestantes faz-se com sucessivas mobilizações do solo, seja com recurso a charruas (em zonas onde abundam infestantes que se propagam vegetativamente) ou com fresa, permitindo que ocorra um período em que as infestantes germinem (\approx 15 dias), mas que possam ser combatidas facilmente com um sistema de mobilização superficial; os sistema tem que ser mantido com o cuidado de a população de infestantes ser sistematicamente controlada;
- As doenças são controladas com recurso a cultivares bem adaptadas à região com comprovada tolerância aos habituais fungos;
- Produtividades de 4-5 toneladas/ha têm sido reportadas em explorações situadas no RU.

Sistema de mobilização clássica



Rotação com forrageiras leguminosas



Sachador de cereais dispostos em linhas (distância entre-linha de 15 a 25 cm), com 24 m de largura e dentes flexíveis



Long Term Research on Agricultural Systems (LTRAS)



Denison RF, Bryant DC, Kearney TE 2004. Crop yields over the first nine years of LTRAS, a long-term comparison of field crop systems in a Mediterranean climate. *Field Crop Res.* 86: 267-277.

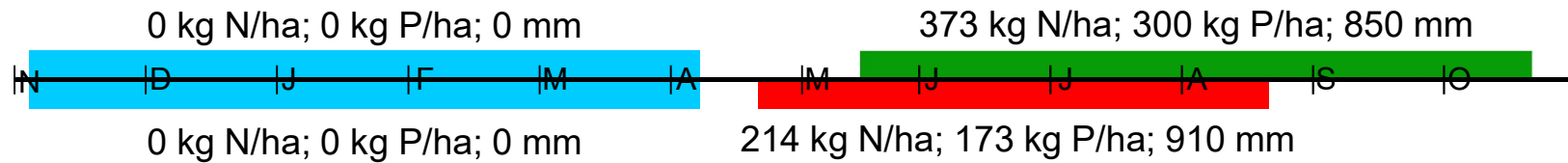


<http://ltras.ucdavis.edu/>

Conventional maize-tomato (CMT)



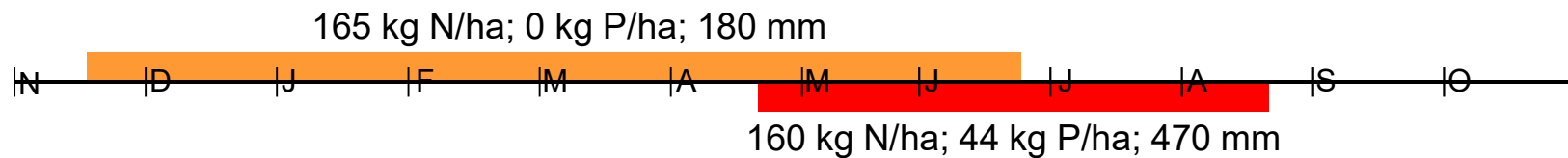
Organic maize-tomato (OMT)



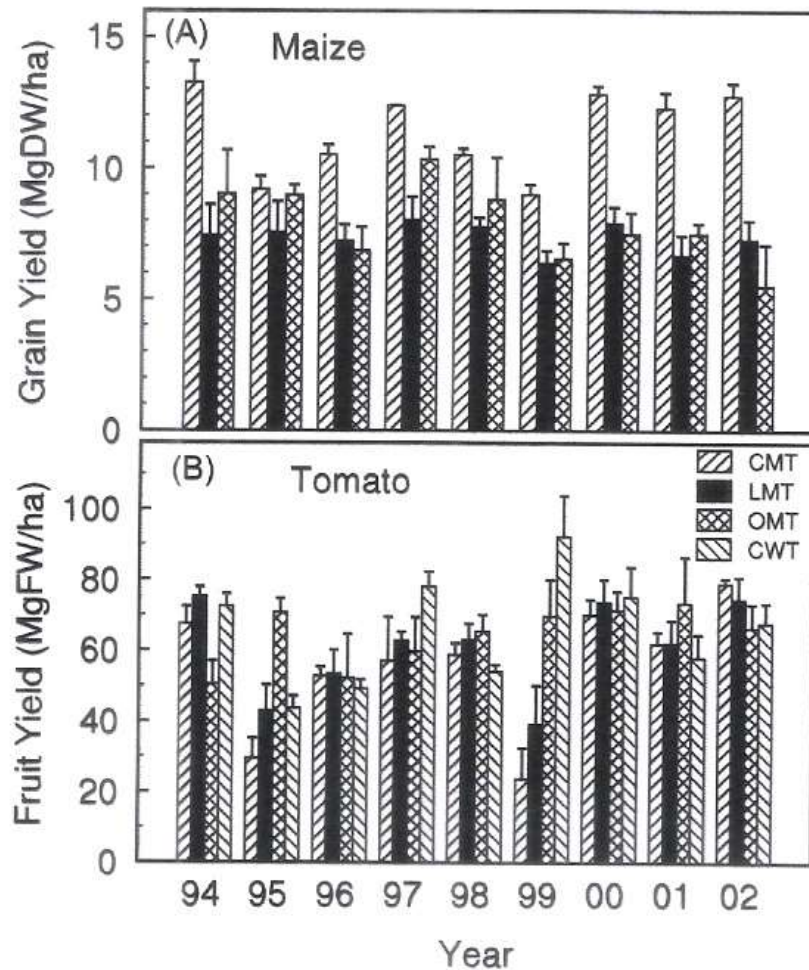
Legume-maize-tomato (LMT)



Conventional wheat-tomato (CWT)



Produtividade dos sistemas culturais c/ tomate no período de 1994(96)-2002



System	Irrigated wheat (kg DW/ha)	Irrigated maize (kg DW/ha)	Irrigated tomato (ton FW/ha)
CMT		11484 a	59.0 a
OMT		7559 b	65.6 a
LMT		7317 b	61.3 a
CWT	5779 a		67.9 a

Tendência de produtividade de 1996-2002

System	Crop	Trend \pm S.E. (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	<i>p</i> -value
Rainfed wheat control	Wheat	-225 \pm 96	0.0298
Irrigated wheat control	Wheat	-236 \pm 111	0.0467
Conv. maize-tomato	Maize	+314 \pm 145	0.0433
Organic maize-tomato	Maize	-404 \pm 179	0.0356
Organic maize-tomato	Tomato	+2717 \pm 1176	0.0322

Análise produtividade do milho

- O sistema convencional CMT foi o mais produtivo, sendo provavelmente devido ao ciclo mais longo da cultivar utilizada (no OMT e LMT havia a necessidade de semear 3 semanas mais tarde do que no CMT) e à maior eficiência de fertilização;
- A tendência de produtividade de milho aumentou no sistema CMT e diminuiu no OMT, mas as razões não são claras: pode ser que no OMT (cuja tendência no tomate é inversa), possa haver problemas acrescidos de *Fusarium*, enquanto que o CMT, pelo elevado uso de inputs, favoreça esta cultura.

Análise produtividade do tomate

- A produtividade do tomate pouco diferiu entre os 3 sistemas, sendo que, em 1999, CMT produziu menos, provavelmente devido à excessiva compactação do solo (que foi mobilizado em condições de excessiva humidade);
- O sistema OMT favoreceu esta cultura, sendo de prever que tenha havido um enriquecimento de matéria orgânica e nutrientes que tenha beneficiado esta cultura, mas é um pouco surpreendente que não tenha havido um acréscimo de problemas fitossanitários, o que parece ter acontecido com o milho.

Balanço de N nos sistemas M/T

- O sistema orgânico (OMT) teve o maior input e menor output acumulado de N, enquanto que o convencional (CMT) teve o maior output.
- O maior armazenamento de N no solo verificou-se no sistema OMT, que foi o único onde houve uma acumulação positiva deste nutriente.
- Apesar do efeito favorável da ervilha + ervilhaca no fornecimento de matéria orgânica e N para a cultura do milho no sistema LMT, a sua produtividade foi consistentemente a mais baixa.

Balanco de N acumulado, armazenamento no solo (0-30 cm profundidade) e perda de matéria orgânica nos sistemas M/T de 1993-2004

Sistema de culturas	Balanco N (kg N/ha)*	Armaz. N solo (kg N/ha)**	Perda N (kg N/ha)***
OMT	2621a	728a	1589a
LMT	615c	-349b	964b
CMT	823b	-408b	1231b

*Balanco N = total input N – exportação pela cultura

**Armazenamento N no solo = nível N no solo 2004 – nível N em 1993

***Perda N = balanco N – armazenamento N no solo

Balanço de C nos sistemas M/T

- O balanço de C no período de 1993-2004 em cada sistema, foi:
 - OMT: 9853 kg/ha;
 - LMT: 411 kg/ha;
 - CMT: -1363 kg/ha.
- O sistema OMT deverá ter atingido a máxima capacidade de armazenamento de C e N em 1997, não devendo ter podido armazenar mais C e N nos anos subsequentes.
- As altas condições de temperatura, combinadas com frequentes mobilizações e regadio, são limitativos à acumulação de matéria orgânica nestes solos.

Irrigated wheat-fallow (IWF)

165 kg N/ha; 0 kg P/ha; 180 mm



Irrigated wheat-legume (IWL)

0 kg N/ha; 0 kg P/ha; 180 mm



0 kg N/ha; 0 kg P/ha; 0 mm

Irrigated wheat control (IWC)

0 kg N/ha; 0 kg P/ha; 180 mm



Conventional wheat-tomato (CWT)

165 kg N/ha; 0 kg P/ha; 180 mm



160 kg N/ha; 44 kg P/ha; 470 mm

Trigo

Ervilha + Ervilhaca

Tomate

Rainfed wheat-fallow (RWF)

110 kg N/ha; 0 kg P/ha; 0 mm



Rainfed wheat-legume (RWL)

0 kg N/ha; 0 kg P/ha; 0 mm



0 kg N/ha; 0 kg P/ha; 0 mm

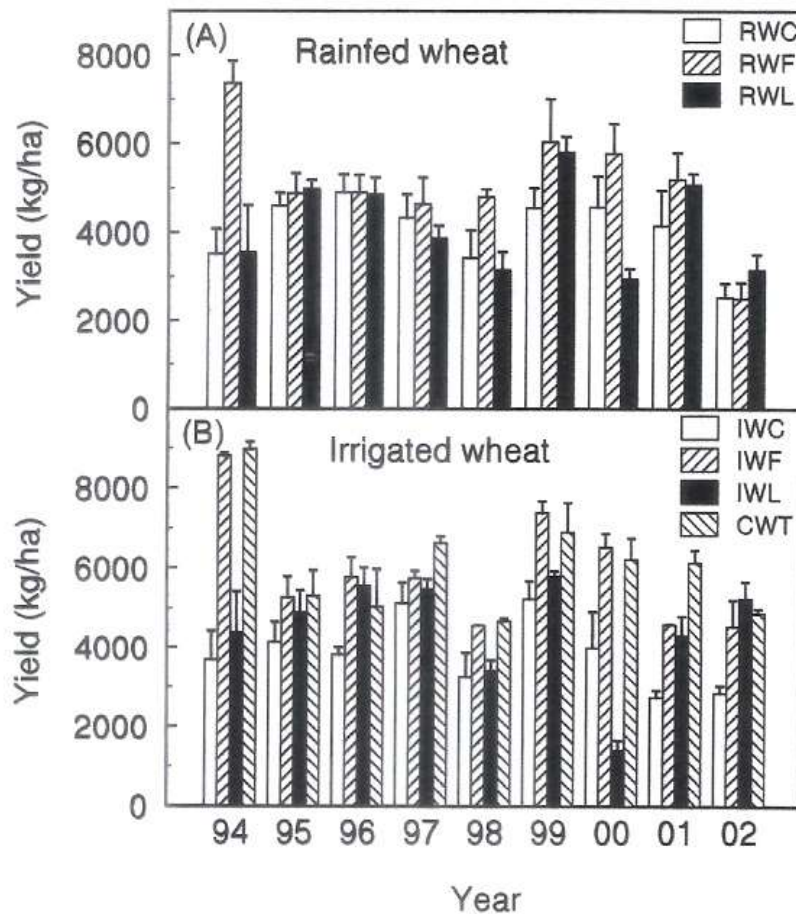
Rainfed wheat control (RWC)

0 kg N/ha; 0 kg P/ha; 0 mm



- Trigo
- Ervilha + Ervilhaca

Produtividade dos sistemas culturais c/ trigo no período de 1994(96)-2002



System	Irrigated wheat (kg DW/ha)	Rainfed wheat (kg DW/ha)	Irrigated tomato (ton FW/ha)
CWT	5779 a		67.9 a
IWF	5571 a		
IWL	4456 b		
IWC	3821 c		
RWF		4841 a	
RWL		4131 b	
RWC		4069 b	

Tendência de produtividade de 1996-2002

System	Crop	Trend \pm S.E. (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	<i>p</i> -value
Rainfed wheat control	Wheat	-225 \pm 96	0.0298
Irrigated wheat control	Wheat	-236 \pm 111	0.0467
Conv. maize-tomato	Maize	+314 \pm 145	0.0433
Organic maize-tomato	Maize	-404 \pm 179	0.0356
Organic maize-tomato	Tomato	+2717 \pm 1176	0.0322

Análise produtividade do trigo

- O sistema convencional CWT foi o mais produtivo na modalidade irrigada, porque não só se fez fertilizações que correspondiam às necessidades das plantas, como havia um bom controle das infestantes;
- O sistema IWF produziu mais do que IWL e IWC provavelmente pela adubação N e pelo melhor controle das infestantes do que em IWL.
- IWL produziu mais do que IWC, provavelmente devido ao benefício da incorporação de N das leguminosas.

Análise produtividade do trigo

- O pousio (fallow) consistiu numa prática repetida de aplicação de herbicidas, mediante as infestantes que iam surgindo no terreno;
- O sistema de pousio, apesar do solo ficar desprotegido por mais tempo, é mais eficaz no controle das infestantes (principalmente quando complementado com as mobilizações do solo), nomeadamente das não leguminosas, do que nos sistemas com ervilha + ervilhaca, onde aliás esse problema está em crescendo à medida que evolui esta experiência.

Análise produtividade do trigo

- A rotação com ervilha + ervilhaca (RWL) provavelmente não prejudicou a utilização de água pela cultura do trigo na maioria dos anos visados neste estudo, dado que a precipitação no Outono e Inverno repunha a consumida no ano anterior, à exceção de 2000 (em que só choveu de forma significativa a partir de meados de Janeiro) e, embora menos, de 1998, o que fez com que a produtividade de RWL fosse significativamente inferior a RWF e muito próximo de RWC.

Análise produtividade do trigo

- Grande variabilidade ao longo dos anos, mas nem sempre as produtividades extremas correspondem às tendências produtivas de cada sistema (ex: no sistema irrigado, em 2000 a produtividade foi extremamente baixa para o IWC; no sistema de sequeiro, em 2002, a produtividade mais baixa foi para o RWF);
- Devido a essa variabilidade, nem todas as tendências de produtividade foram significativas, pelo que este estudo precisa de mais anos para que se perceba o efeito de longo prazo de cada sistema.

Análise dos sistemas

- O sistema convencional traz um maior controle da utilização de fatores de crescimento, embora neste caso não se esteja a ponderar os impactos ambientais (nomeadamente da erosão e arrastamento de nutrientes para aquíferos), nem a eficiência de uso de energia;
- A repetição de culturas todos os anos em sequeiro nas condições deste ensaio pode ser prejudicial para a sua produtividade, dadas as baixas disponibilidades em água que se verificam nestas condições;

Análise dos sistemas

- O recurso a leguminosas como cultura intercalar, embora contribua para o enriquecimento do solo em N e proteção deste contra a erosão, pode trazer problemas acrescidos de infestação de plantas não leguminosas;
- O recurso à fertilização orgânica nas condições deste ensaio foi menos eficiente do que a fertilização convencional;
- Neste estudo não foi considerada a rentabilidade de cada sistema, pelo que fica em aberto a avaliação da sua sustentabilidade.