

## 4 Modelos de crescimento e produção: definição e tipologia

### 4.1 Papel dos modelos de produção na tomada de decisões na actividade florestal

O processo de produção lenhosa tem características específicas diferenciais relativamente a outras actividades produtivas, principalmente quando nos debruçamos sobre as questões que dizem respeito às técnicas, métodos e prática da condução dos povoamentos florestais para determinados objectivos de exploração (Alves, 1982). Assim na perspectiva da intervenção produtiva, restringe-se a importância da “instalação” e da “colheita” (tão importantes e quase as únicas noutras culturas), passando a dominar o conjunto de técnicas relacionadas com as operações de intervenção cultural realizadas ao longo da vida (geralmente longa) do povoamento. O objectivo básico destas informações é alcançar a mais elevada eficiência produtiva, de acordo com o objectivo em vista (Alves, 1982). É importante salientar que só no plano do longo prazo, contudo, se podem apreciar os efeitos de uma determinada opção no que diz respeito à condução de um povoamento e concluir se, de facto, se alcançou a máxima eficiência.

As características específicas do processo de produção lenhosa levam a que na actividade florestal seja frequente ter de tomar decisões a longo prazo. Para tal, há que avaliar as consequências de diversas alternativas com base em previsões. Estas previsões podem ser feitas a partir de resultados observados, quer em experiências de longo prazo quer em parcelas permanentes ou semi-permanentes, ou de resultados obtidos por simulações feitas com recurso a programas de computador que permitam simular a dinâmica de um povoamento, ou seja, com recurso a **modelos de produção**. Estes dois processos não são de modo algum alternativos mas, pelo contrário, completam-se e interactivam, como já tentámos mostrar na figura 3 (ponto 2).

Um modelo de produção deverá prever correctamente a produção de um povoamento ao longo do tempo sob hipóteses de exploração alternativas ou sujeito a agentes físicos e bióticos distintos. Os modelos de produção podem portanto ter um papel importante no ordenamento florestal e na definição de políticas florestais, quer a nível regional, quer a nível nacional.

1. Um modelo é sempre uma abstracção, ou uma representação simplificada, de algum aspecto da realidade. Um modelo de crescimento e produção de povoamentos florestais é uma abstracção da dinâmica de um povoamento florestal, podendo englobar o crescimento do povoamento nas diversas variáveis, a mortalidade e quaisquer outras alterações na composição e estrutura do povoamento.

## **4.2 Tipologia dos modelos de crescimento e produção de povoamentos florestais**

O crescimento das árvores e dos povoamentos envolve um conjunto de processos fisiológicos cujo conhecimento e compreensão é essencial para a sua modelação. É a este nível que se faz uma primeira classificação dos modelos em dois grandes grupos, os modelos empíricos e os modelos mecanísticos. Os primeiros são obtidos essencialmente a partir de medições feitas nas parcelas permanentes utilizando métodos estatísticos mais ou menos sofisticados. Em oposição, os modelos mecanísticos são baseados apenas no conhecimento e modelação dos processos fisiológicos. É evidente que, na prática, não há modelos totalmente empíricos, isto é, ter-se-á sempre em consideração, em maior ou menor grau, o conhecimento sobre os processos fisiológicos. Por outro lado, também não há modelos mecanísticos puros, uma vez que não possuímos o conhecimento total sobre os mesmos. Os modelos que mais se aproximam dos modelos mecanísticos são os designados por modelos de base fisiológica, enquanto que os modelos mais simples, mais próximos dos modelos empíricos, se designam por modelos orientados para a gestão de povoamentos florestais, em Portugal vulgarmente designados por modelos de produção. Embora sendo estes modelos de carácter essencialmente empírico tem-se notado uma tendência crescente para a incorporação de hipóteses biológicas, tanto no processo de construção dos modelos, como durante a fase de avaliação da sua eficiência, uma vez que se pensa que os modelos que exibem um comportamento de acordo com hipóteses biológicas de aplicação universal têm maior generalidade (capacidade de extrapolação) e inspiram mais confiança ao utilizador (Burkhart, 1987). Também nos modelos de base fisiológica pode haver um maior ou menor grau de empirismo. Segundo Landsberg (1986) nos modelos do tipo “bottom-up”, mais próximos dos modelos mecanísticos, o crescimento é sintetizado através do cálculo das acções e interacções dos processos fisiológicos que para ele contribuem enquanto que os modelos do tipo “top-down”, mais empíricos, se baseiam na formulação simplificada dos principais processos fisiológicos do crescimento conduzidos por

uma variável de controlo (p.e. a energia radiante) e outras influências externas. As constantes e coeficientes destas funções são derivadas empiricamente mas devem ser consistentes com as respostas fisiológicas esperadas, de acordo com estudos mais detalhados.

Os modelos de carácter mais empírico são muitas vezes designados como modelos orientados para a gestão de povoamentos florestais, uma vez que são desenvolvidos essencialmente com o objectivo de simular de forma adequada o efeito de práticas culturais, com ênfase na predição, simulação essa indispensável para a “optimização” da gestão do povoamento. O realismo com que o modelo reproduz a realidade pode ser secundário desde que a sua capacidade preditiva seja considerada adequada. Os modelos de base fisiológica estão frequentemente associados ao estudo do funcionamento do sistema que modelam, sendo o ênfase posto prioritariamente nos benefícios alcançados durante o desenvolvimento e exploração do modelo como ferramenta para aumentar o conhecimento, sendo a sua utilização futura, em termos de aplicação prática, menos importante.

Sob a designação de modelos orientados para a gestão de povoamentos florestais cabe um conjunto extremamente variado de modelos, desde as clássicas tabelas de produção até modelos com estruturas bastante mais complexas. Munro (1974), depois de examinar intensivamente numerosos trabalhos publicados, lançou as bases para uma classificação utilizada desde então. Segundo a sua terminologia, estes modelos podem ser classificados em modelos de povoamento e modelos de árvore individual consoante a unidade primária de simulação é, respectivamente, o povoamento ou a árvore. Nos modelos de árvore a simulação do crescimento de um povoamento é feita com base na simulação conjunta do crescimento das árvores que o constituem ao passo que nos modelos de povoamento se simula directamente o crescimento do povoamento. Assim os modelos de povoamento prevêm o crescimento médio para um povoamento em função das suas características (geralmente classe de qualidade, área basal por ha e número de árvores por ha), enquanto que com um modelo de árvore se prevê o crescimento médio de cada árvore, considerando a influência das características do povoamento onde a árvore se insere, o que o torna muito mais flexível. Um dos aspectos fundamentais desta simulação é a avaliação dos efeitos da competição intraespecífica no crescimento das árvores e sua condensação numa fórmula matemática, o índice de competição. Munro (1974) classificou ainda os modelos de árvore em independentes e dependentes da distância, de acordo com a medida de competição que incorporam. Os primeiros utilizam funções de variáveis do povoamento e da dimensão inicial da árvore enquanto que os últimos incorporam, de algum modo, o número, dimensões e

distâncias de certo número de árvores circundantes, os vizinhos. A utilização de medidas de competição dependentes da distância exige, na fase de construção do modelo, a elaboração de cartas de povoamento, ou seja, o conhecimento das coordenadas de cada árvore. Na fase de utilização esta exigência é geralmente dispensada, desde que sejam desenvolvidas rotinas de simulação da estrutura espacial dos povoamentos. Neste caso a evolução da dinâmica do povoamento é simulada a partir de povoamentos cuja estrutura espacial é, ela própria, também simulada.

Outras classificações posteriores são extensões ou modificações da classificação básica de Munro, a mais importante das quais é a separação, como classe autónoma, dos modelos de povoamento que incluem distribuições de diâmetros (Bailey, 1980; Burkhart *et al.*, 1981), porque de facto este tipo de modelos tem sido largamente utilizado com grandes vantagens sobre outros modelos também baseados no povoamento. Nestes modelos algumas das variáveis do povoamento – geralmente a área basal, o número de árvores do povoamento, o diâmetro mínimo e algum(ns) percentil(is) – são simuladas directamente. A distribuição das árvores por classes de diâmetros é então simulada a partir destas variáveis do povoamento. As restantes variáveis são previstas por cálculo com base na distribuição de diâmetros simulada como a soma do produto da frequência em cada classe pelo valor da variável em questão para o valor central da classe:

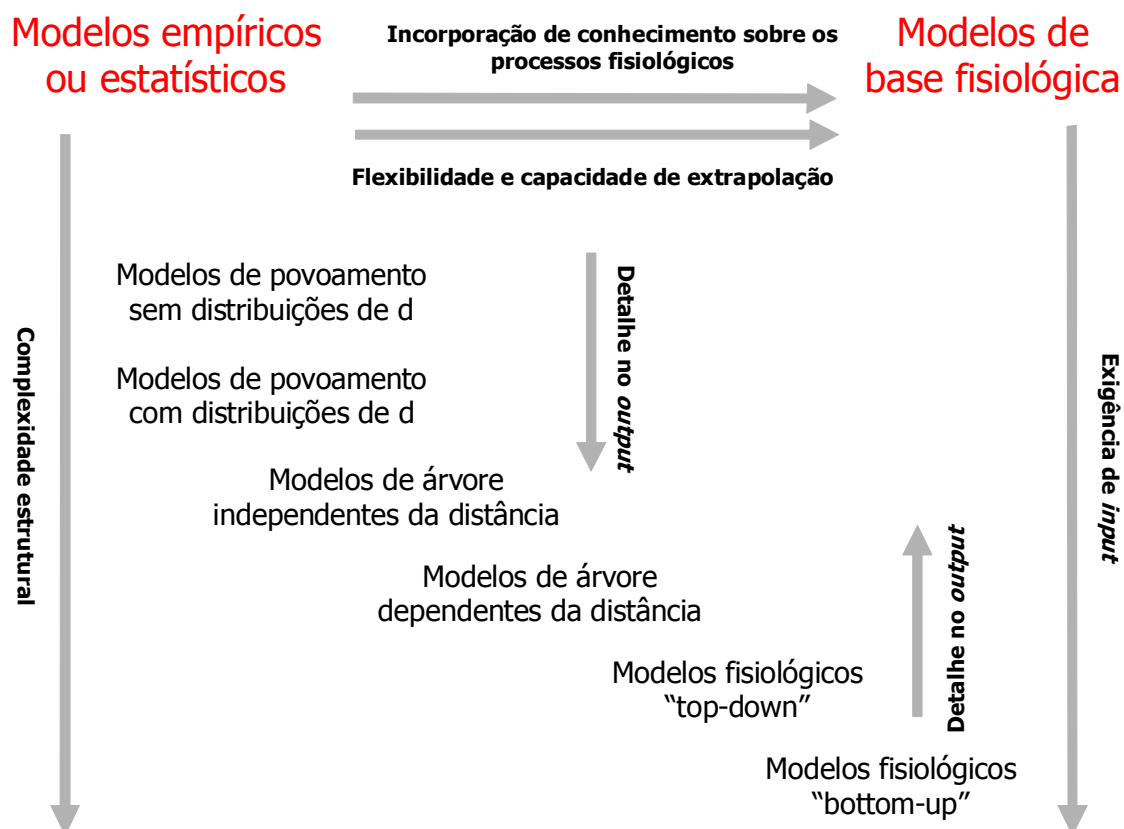
$$Y = \sum_{i=1}^k f_i y_i$$

onde  $Y$  é o valor por hectare da variável pretendida,  $y_i$  é o correspondente valor para o valor central da classe,  $f_i$  é a frequência por ha na classe  $i$  e  $k$  é o número de classes.

Em termos práticos, nem sempre é fácil enquadrar todos os modelos existentes num dos diversos tipos de modelos referidos, pois estes situam-se ao longo de contínuos, no que respeita à incorporação de conhecimento sobre os processos fisiológicos, complexidade estrutural, flexibilidade e capacidade de extrapolação e tempo de cálculo necessário a cada simulação (figura 5.1).

Convém ainda fazer referência, embora breve, aos modelos conhecidos como modelos de previsão da dinâmica da comunidade. A unidade de modelação destes modelos é a árvore, mas são desenvolvidos com objectivos e filosofia de modelação completamente diferente da gestão de povoamentos florestais. São desenvolvidos para tentar dar resposta a questões ecológicas tais como a influência do ambiente e as características das espécies no instante

de partida no crescimento, produção, regeneração, estrutura do povoamento ao longo de um período geralmente longo (daí o serem também designados por vezes como modelos da sucessão em ecossistemas). Em termos de metodologia são uma transição entre os modelos orientados para a gestão de povoamentos e os modelos de base ecofisiológica.



**Figura 5.1. Principais tipos de modelos de produção florestal**

Independentemente do detalhe com que reproduz a realidade, um modelo pode ser determinístico ou estocástico. Um modelo determinístico fornece uma estimativa do crescimento esperado de um povoamento. Para as mesmas condições iniciais, o modelo determinístico fornece sempre o mesmo resultado. Um modelo estocástico tenta simular a variação natural que ocorre no mundo real, fornecendo diferentes previsões, associadas a uma probabilidade de ocorrência, para as mesmas condições iniciais. Neste caso, uma estimativa isolada é de pouca utilidade, mas um conjunto de simulações para as mesmas

condições iniciais fornece informação não só sobre o crescimento médio do povoamento, para determinadas condições iniciais, mas também sobre a sua variabilidade.

Nos últimos anos, têm sido desenvolvidos um conjunto vasto de modelos de produção em Portugal. A maior parte destes modelos serão descritos com algum detalhe no capítulo 5, mas é importante que os alunos comecem, desde já, a conhecer estes modelos que se listam na tabela 4.1.

### **4.3 Selecção de um modelo para uma determinada utilização**

Como já foi referido, qualquer modelo é uma abstracção da realidade e é, portanto, errado sob alguns pontos de vista. Os utilizadores, quando postos sob a necessidade de seleccionarem um modelo para uma determinada aplicação, devem lembrar-se de que nenhum dos modelos disponíveis é correcto, mas que, face a um objectivo, um dos modelos pode ser mais útil ou conveniente do que outros. É a utilização final que deve determinar o modelo a utilizar. Um modelo pode ser utilizado para diversas aplicações, como sejam: avaliação da qualidade da estação, testar hipóteses sobre o crescimento, estimar produtividades potenciais, examinar a variabilidade de uma espécie em termos de produção, explorar sistemas de silvicultura alternativos, optimizar o regime de desbastes, investigar os efeitos da imposição de algumas restrições à gestão, ou estimar a qualidade da madeira (Vanclay, 1994). Não há nenhum modelo igualmente adequado para objectivos tão distintos, e cada uma das aplicações citadas necessita de um determinado tipo de modelo.

**Tabela 4.1. Modelos de produção disponíveis em Portugal**

Espécie	Modelos disponíveis
---------	---------------------

Pinheiro Bravo	OLIVEIRA -Tabela de produção geral para o pinheiro bravo das regiões montanas e submontanas (Oliveira, 1985) e suas actualizações (Carreiras, 1992, Leite, 1995)
	HALL-MARTINS – Tabela de produção para o pinheiro bravo (Hall e Martins, 1986, 1993)
	MOREIRA E FONSECA (2003)
	PBLEIRIA (Páscoa, 1987)
	PBRAVO (Páscoa, 1988)
	DUNAS (Falcão, 1999)
Eucalipto	GLOBUS (Tomé, 1990; Carvalho, 1990; Tomé <i>et al.</i> , 1995)
	TWIGGY/EUSOP (Carvalho et al., 1994; Tomé <i>et al.</i> , 1995)
	SOP (Amaro, 1997; Amaro <i>et al.</i> , 1999)
	GLOBULUS (Tomé <i>et al.</i> , 1998, Tomé et al., 1999)
	GLOBTREE (Soares, 1999; Soares e Tomé, 2003)
Sobreiro	SUBER (Tomé <i>et al.</i> , 1998)

Na figura 4.2 faz-se o enquadramento destes modelos de acordo com a classificação de Munro atrás referida.

## Classificação de Munro (1974)

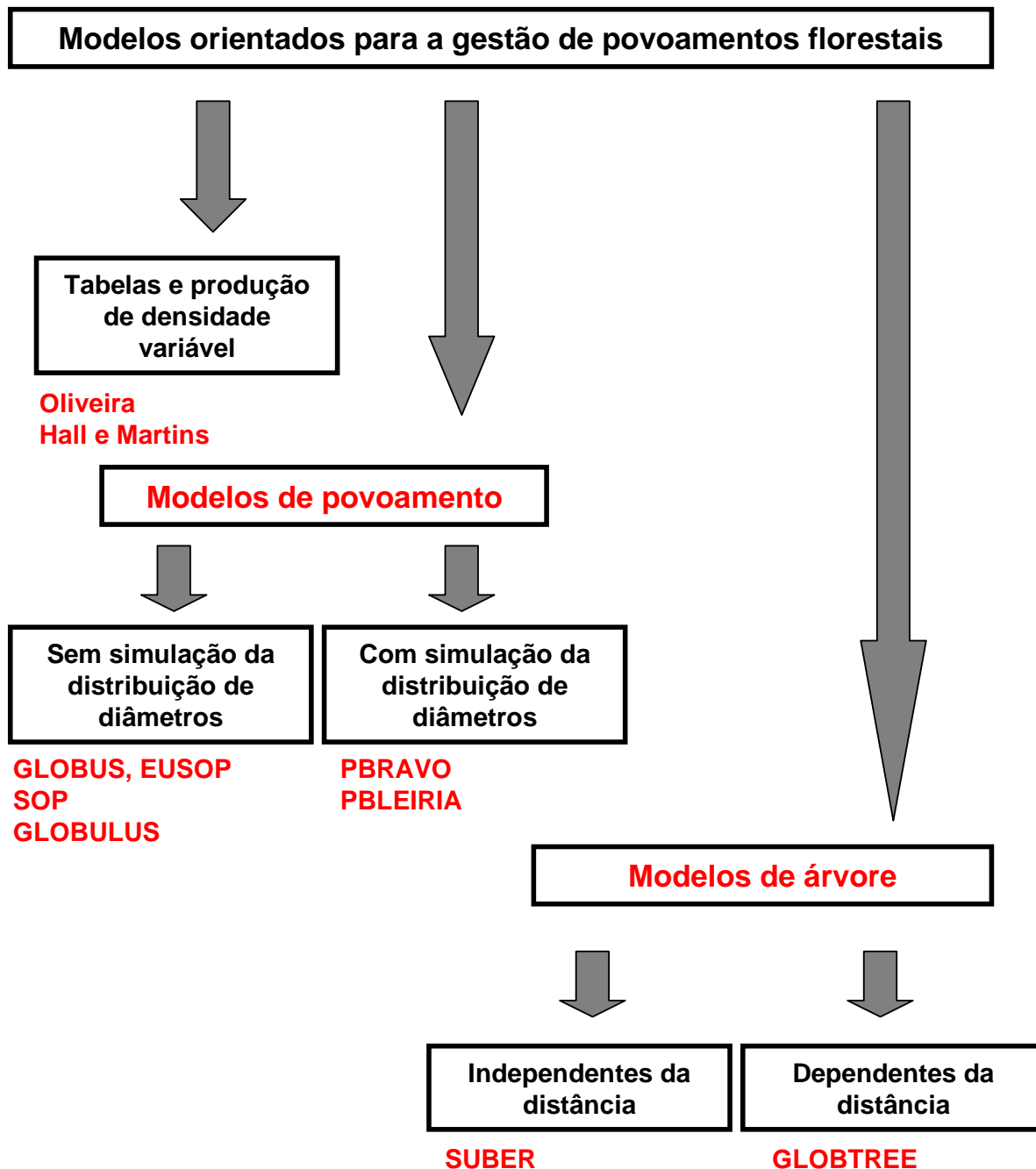


Figura 10. Enquadramento dos modelos de produção disponíveis em Portugal, de acordo com a classificação de Munro (1974).



Embora seja impossível estabelecer regras para a selecção de um modelo face a um determinado objectivo, convém ter presentes os seguintes factos:

- . Um modelo deve fornecer informação suficientemente precisa e detalhada para o objectivo pretendido
- . Características desejáveis num modelo são a correcção e a flexibilidade, expressas pela capacidade de simular de forma adequada um conjunto vasto de condições ambientais e de alternativas de gestão
- . A qualidade de um modelo nem sempre está associada à sua complexidade; há lugar quer para os modelos mais complexos quer para os mais simples. Face a uma determinada utilização, o método mais adequado depende dos dados necessários à sua utilização, das disponibilidades de cálculo e do nível de formação dos técnicos que o vão utilizar. O que é importante é ponderar as características do modelo, face àquilo que se pretende fazer com ele. Se uma Zona Florestal do Instituto Florestal tiver acesso a um modelo muito sofisticado e se, por qualquer razão (p.e. falta de dados ou meios humanos) não o utilizar, este modelo não tem qualquer utilidade. Por outro lado, se utilizar correntemente um modelo extremamente simples com um impacto positivo na gestão dos povoamentos da área sob sua jurisdição, este modelo é obviamente de grande utilidade.
- . Um modelo deve ser objectivo, bem documentado e facilmente acessível
- . É importante que o utilizador compreenda os princípios nos quais se baseou a construção do modelo e que compreenda os seus pontos fortes, bem como os seus pontos fracos.

#### **4.4 Estrutura e desenvolvimento de modelos de produção empíricos**

##### **4.4.1 Elementos de um modelo de produção empírico**

Embora o termo modelo de produção possa abranger também as tradicionais tabelas de produção, apresentadas sob forma tabular ou gráfica, presentemente um modelo de produção é um sistema de equações as quais, quando utilizadas em conjunto, permitem

simular o crescimento e a produção de um povoamento florestal sob uma grande variedade de condições ambientais e/ou culturais.

Um modelo de produção compreende um conjunto de variáveis de estado, do povoamento e/ou da árvore, cuja evolução no tempo é o resultado (*output*) do modelo. Adicionalmente, a distribuição de algumas das variáveis por classes de dimensão ou a correspondente distribuição espacial são também consideradas. A evolução de cada variável de interesse é simulada com base numa metodologia bem estabelecida, geralmente uma equação matemática, a qual pode ser de dois tipos:

#### 1. Função de crescimento

Uma função de crescimento permite estimar a evolução de uma variável do povoamento ou da árvore ao longo do tempo, dependendo ou não da correspondente evolução de outras variáveis. Uma função de crescimento tem portanto uma característica intrinsecamente dinâmica.

#### 2. Equação de predição

Uma equação de predição, pelo contrário, permite estimar o valor de uma variável num determinado momento do tempo, como uma função de outras variáveis. Uma equação de predição é, portanto, essencialmente estática.

Uma variável é considerada principal em relação a um determinado modelo se este inclui a previsão directa do seu crescimento, com base numa função de crescimento, e secundária ou derivada se a sua evolução ao longo do tempo é indirectamente simulada a partir dos valores sucessivos das variáveis principais. As variáveis secundárias podem ser simuladas com base em equações de predição ou recorrendo a métodos mais complexos como é o caso, por exemplo, da predição do volume nos modelos de povoamento com simulação da distribuição de diâmetros (no qual, como veremos, a predição do volume é feita com base na distribuição de diâmetros simulada) ou da predição da área basal nos modelos de árvore (nos quais a área basal é predita como a soma das áreas seccionais das árvores que constituem a parcela, sendo os diâmetros ou as áreas seccionais das árvores as variáveis principais). As variáveis principais podem ainda ser dependentes ou independentes, consoante a função de crescimento na qual se baseia a sua simulação depende ou não de outras variáveis. Estas distinções são importantes, uma vez que a simulação de uma

variável principal independente inclui apenas os erros inerentes à correspondente função de crescimento, enquanto que a simulação de variáveis principais dependentes inclui também o erro associado à simulação das outras variáveis envolvidas e a simulação das variáveis secundárias inclui o erro da equação de predição, associado ao erro da simulação da variável (ou variáveis) principais incluídas na equação de predição.

Um modelo de produção inclui também um conjunto de variáveis externas ou de controle, as quais influenciam a evolução da dinâmica do povoamento. As variáveis externas ou de controle podem ser de dois tipos: ambientais e culturais. A produtividade da estação, os factores climáticos, etc, são exemplo de variáveis de controle ambientais, enquanto que a preparação do terreno, o compasso de plantação, a fertilização, etc, são exemplos de variáveis de controle culturais.

As diversas funções de crescimento e equações de predição que permitem caracterizar a evolução do povoamento ao longo do tempo contêm, como já vimos, parâmetros que podem diferir de região para região, ou para diferentes tipos de estação. A verdadeira estrutura de um modelo implica o estabelecimento das relações entre as diversas variáveis de estado. Finalmente, há que implementar todo o sistema num program de computador que permita aos diversos utilizadores a simulação das alternativas de gestão que pretendem de uma forma prática e eficaz.

Em resumo, um modelo de produção compreende:

2. um conjunto de variáveis de estado, influenciadas por um conjunto de variáveis externas ambientais e culturais
3. um conjunto de equações matemáticas (funções de crescimento e equações de predição)
4. os valores numéricos ou parâmetros que estão associados às equações
5. a lógica necessária para ligar adequadamente essas equações
6. o programa de computador necessário para implementar o modelo num computador.

#### 4.4.2 Módulos de um modelo orientado para a gestão de povoamentos florestais

Qualquer modelo orientado para a gestão de povoamentos florestais tem, essencialmente, quatro componentes:

1. inicialização das variáveis principais, directamente através da entrada de dados ou indirectamente por simulação em função da idade do povoamento (se este for regular) e do valor das variáveis de controlo, geralmente a região, a classe de qualidade, o compasso, opções de silvicultura, etc;
2. actualização das variáveis principais, com base nas funções de crescimento incluídas no modelo;
3. actualização das variáveis secundárias ou derivadas, em função dos valores já actualizados das variáveis principais;
4. simulação dos desbastes ou outros tratamentos culturais, através da modificação das variáveis principais e secundárias.

A figura 4.2 pretende ilustrar a relação entre os diversos módulos de um modelo de produção, servindo-se, como exemplo, do modelo SUBER (Tomé *et al.*, 1998,1999).

As diferenças entre os vários tipos de modelos surgem quer ao nível da definição das variáveis (principais ou secundárias) quer ao nível dos processos utilizados nos módulos de actualização e na simulação dos desbastes, quer na existência de módulos adicionais para simular outros tratamentos culturais, mas a estrutura base mantém-se. É importante salientar que a altura dominante do povoamento surge como uma variável principal essencial quer nos modelos de povoamento quer nos modelos de árvore. Já a área basal, por exemplo, embora sendo uma variável extremamente importante para a gestão de povoamentos, surge como uma variável principal na maior parte dos modelos de povoamento, mas sempre como variável secundária nos modelos de árvore, calculada como a soma das áreas seccionais já actualizadas de cada árvore.

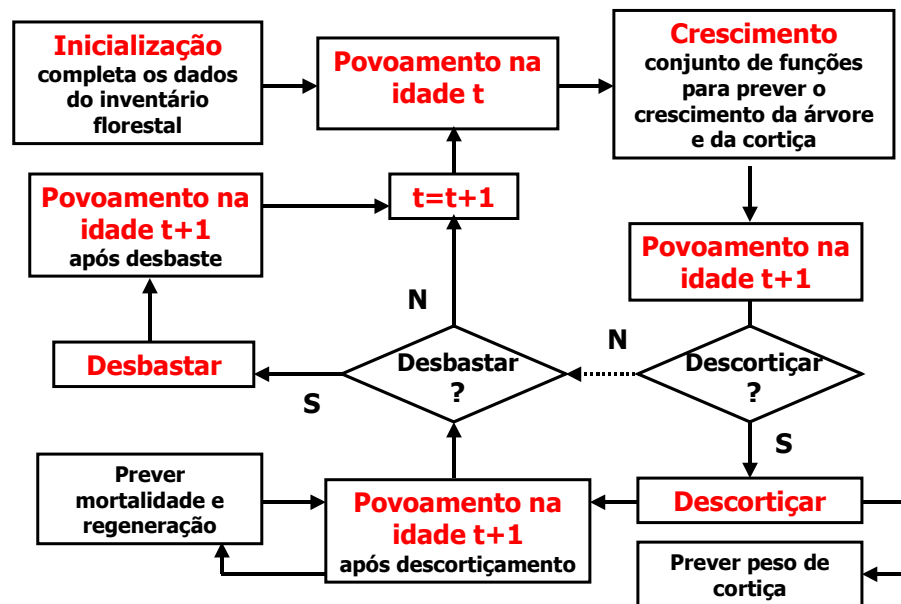


Figura 4.2 Organograma simplificado do funcionamento interactivo de um modelo de gestão de povoamentos florestais (modelo SUBER)

#### 4.4.3 Fases no desenvolvimento de um modelo empírico

O desenvolvimento de um modelo de produção é uma tarefa complexa que implica as seguintes fases:

1. Colheita de dados
2. Selecção do tipo de modelo
3. Desenho da estrutura do modelo
4. Selecção de funções de crescimento e predição e correspondente parameterização
5. Avaliação do modelo
6. Implementação do modelo num programa de computador

#### **Colheita de dados**

Já vimos no capítulo 2 os diferentes métodos que podemos utilizar para a obtenção de dados sobre o crescimento de árvores e povoamentos. Esta é uma fase de grande impacto

na qualidade do modelo. A prestação do modelo depende, em grande parte, da qualidade dos dados.

### ***Seleção do tipo de modelo a construir***

Uma decisão essencial é aquela que se refere ao tipo de modelo a construir: modelo de povoamento (com ou sem simulação da distribuição de diâmetros) ou modelo de árvore (dependente ou independente da distância).

### ***Desenho da estrutura do modelo***

O desenho da estrutura do modelo implica a seleção das variáveis de estado e de controlo a incluir no modelo, assim como o estabelecimento das relações entre elas. Em relação às variáveis de estado é nesta fase que se decide quais vão ser projectadas directamente no modelo – as variáveis de estado principais – e quais vão ser estimadas a partir dos valores projectados das variáveis principais – as variáveis derivadas. Contudo, e como veremos mais à frente, a seleção do tipo de modelo está relacionada, pelo menos em relação a muitas variáveis, com a possibilidade desta variável ser principal ou derivada. A simulação do crescimento em altura dominante e, conseqüentemente, a predição da qualidade da estação, é uma variável principal independente em qualquer tipo de modelo, pelo que será dado especial relevo a este tema (ponto 5.1.2).

As variáveis de controlo ambientais são frequentemente substituídas pelo índice de qualidade da estação, mas o modelo também pode reflectir expressamente a influência de diferentes características edafo-climáticas. A definição das variáveis de controlo culturais – tratamentos silvícolas - a incluir no modelo depende em grande medida da disponibilidade de dados que reflitam o efeito dos diversos tratamentos no crescimento das árvores e povoamentos. Uma análise cuidada dos dados disponíveis levará à decisão sobre os tratamentos silvícolas que o modelo pode simular.

Uma vez seleccionadas as variáveis de estado e as variáveis de controlo, há que estabelecer a relação entre elas, como se exemplifica na figura 5.2.

Esta fase é a verdadeira “concepção” do modelo

### ***Seleção de funções de crescimento e predição e correspondente parameterização***

Como vimos em capítulos anteriores há um conjunto bastante variado de funções que permitem simular – quer directa, quer indirectamente – o crescimento das árvores e dos povoamentos. A opção por uma delas é geralmente baseada na teoria da análise de regressão – linear ou não linear – a qual nos fornece um conjunto de instrumentos de análise que nos ajudam na decisão por uma ou outra das funções disponíveis. A parameterização consiste na determinação dos valores mais adequados para os parâmetros das diversas funções de crescimento, funções de predição, ou outras funções que façam parte do modelo. A parameterização é também realizada com base no ajustamento das funções seleccionadas com recurso a técnicas de regressão linear, não linear ou logística.

### ***Avaliação do modelo***

Antes de se passar à fase de utilização de um modelo de gestão de povoamentos florestais há que conferir credibilidade às suas simulações, ou seja, há que validar o modelo por comparação do seu comportamento com a realidade (conjunto de dados independentes) ou, por vezes, com os resultados de simulações efectuadas com outro modelo já aceite. Há também que garantir que o comportamento do modelo está de acordo com as teorias aceites nas áreas da produção florestal, da biologia e da ecologia. Este tema será tratado com mais detalhe no capítulo 8.

### ***Implementação do modelo num programa de computador***

Para que um modelo possa ser utilizado na prática é necessário que seja implementado num programa de computador que permita a sua utilização sem que seja necessário conhecer os detalhes da sua estrutura. O utilizador limita-se geralmente a fornecer ao programa as características do povoamento cujo crescimento pretende simular e as opções de gestão que pretende comparar. O modelo dar-lhe á a informação sobre a evolução do povoamento ao longo do tempo, face às opções de gestão fornecidas, indicando a quantidade (por vezes também a qualidade) de produtos esperados, assim como a altura em que estes produtos serão obtidos. Por vezes é permitido ao utilizador definir as suas

opções de gestão de forma interactiva, ou seja, em cada momento, e face aos resultados obtidos até aí, o utilizador define a gestão a realizar no próximo período.

É importante salientar que estas fases não são necessariamente sequenciais, o desenvolvimento de um modelo é um processo iterativo em que em cada fase se analisam os resultados obtidos até então, se detectam possíveis falhas e se volta atrás sempre que necessário, de forma a tentar obter o “melhor” modelo possível.

## **4.5 Exercícios**

- 4.5.1** Retire da página da disciplina (Textos de apoio) o modelo GLOBULUS 2.1 implementado em EXCEL e faça algumas simulações de forma a perceber quais as possibilidades do modelo.
- 4.5.2** Retire da página da disciplina (Textos de apoio) o modelo PBRAVO (programa em Visual Basic) e faça algumas simulações de forma a perceber quais as possibilidades do modelo.
- 4.5.3** Utilize o link indicado na página da disciplina (Textos de apoio) para aceder ao modelo WebGlobulus e faça algumas simulações de forma a perceber quais as possibilidades do modelo.