

1 Crescimento e produção

Como qualquer outro ser vivo, as árvores reproduzem-se, crescem e morrem. De acordo com Gomes (1963), “toda a actividade florestal está na dependência destes fenómenos naturais, envidando-se os maiores esforços para que as árvores cresçam em moldes que se ajustem às necessidades das populações humanas e se reproduzam por forma a ficar garantida a perpetuação dos arvoredos segundo aquelas normas que económica e socialmente mais convém”. A previsão do crescimento das árvores e povoamentos é, assim, essencial para a actividade florestal.

Em sentido lato, pode utilizar-se o termo crescimento (de um indivíduo ou população) para descrever alterações irreversíveis no tempo, principalmente em dimensão, muitas vezes em forma, e ocasionalmente em número (Hunt, 1932).

Na teoria da produção florestal, contudo, utiliza-se vulgarmente o termo *crescimento* para designar a taxa absoluta de crescimento, designando-se por *produção* ou crescimento total o crescimento acumulado.

1.1 Crescimento da árvore: acréscimos anual, corrente, médio anual e percentual

O crescimento da árvore é o resultado da modificação conjugada das diversas variáveis dendrométricas: diâmetro à altura do peito, altura total, altura da base da copa, perfil do tronco, volumes total e parciais, etc. Ao estudar o crescimento da árvore, interessa portanto definir sem ambiguidade de que variável se trata.

Como é sabido, a evolução de cada uma destas variáveis ocorre segundo uma curva sigmoidal (curva em S). Numa curva sigmoidal podem individualizar-se três fases de crescimento:

- Período juvenil, caracterizado por um rápido crescimento inicial, do tipo exponencial, ficando a concavidade voltada para cima.
- Período rectilíneo, em que a curva tende a desenvolver-se rectilineamente, o que implica que a iguais períodos de tempo correspondem iguais acréscimos da variável.

- Período de senescência, caracterizado por um crescimento cada vez mais insignificante, do ponto de vista relativo, apresentando a curva uma nítida concavidade voltada para baixo e atingindo, no fim, a maior dimensão (assíntota).

Embora o desenvolvimento de cada uma das variáveis dendrométricas da árvore siga uma curva sigmoideal, a forma da curva de crescimento, no que se refere às proporções relativas de cada uma daquelas fases, depende da espécie e da variável em causa. Na figura 1.1 encontram-se as curvas da evolução com a idade de diferentes variáveis de uma árvore com 29 anos, abatida no perímetro da Meia-Via, Amarante. Os dados foram obtidos por análise do tronco (veja-se capítulo 2.4). Como se pode ver, para o caso da altura a fase juvenil é muito curta, de 1-3 anos nas espécies de crescimento rápido, até 10 anos ou mais naquelas de crescimento mais lento. A segunda fase prolonga-se bastante, sendo difícil marcar com precisão o início da fase de senescência, a qual pode depender de inúmeros factores. Para o dap a curva só tem início quando a árvore atinge 1.30 m – 3 anos no caso presente – numa idade em que o período juvenil já vai iniciado. Por isso se trata de um crescimento que irrompe abruptamente. A fase rectilínea geralmente dura pouco (5 a 10 anos), depois a taxa de crescimento anual decresce acentuadamente. Pelo contrário, a área basal, mantém-se na fase rectilínea durante bastante tempo, muito depois de ultrapassada a primeira fase de vida da árvore. Quando se considera o volume observa-se que o período juvenil é bastante longo (curva com a concavidade voltada para cima), mal se notando a fase rectilínea.

A intensidade do crescimento de uma árvore é geralmente traduzida pelos acréscimos sofridos pela variável ou variáveis em estudo. Vejamos quais os tipos de acréscimos que são mais utilizados na análise do crescimento das árvores:

Acréscimos periódico e médio anual

Dada a variável X , o acréscimo anual é o crescimento verificado entre o ano i e o ano $i+1$. Se considerarmos um período de n anos, então temos o acréscimo periódico ou corrente:

$$a_n = X_{i+n} - X_i$$

Do ponto de vista prático, especialmente se a espécie não é de crescimento muito rápido, há vantagens em substituir o acréscimo anual pelo acréscimo periódico médio, designado por acréscimo corrente anual:

$$ac = \frac{X_{i+n} - X_i}{n}$$

Na prática, quando se fala em acréscimo anual quer significar-se, como regra, o acréscimo periódico médio.

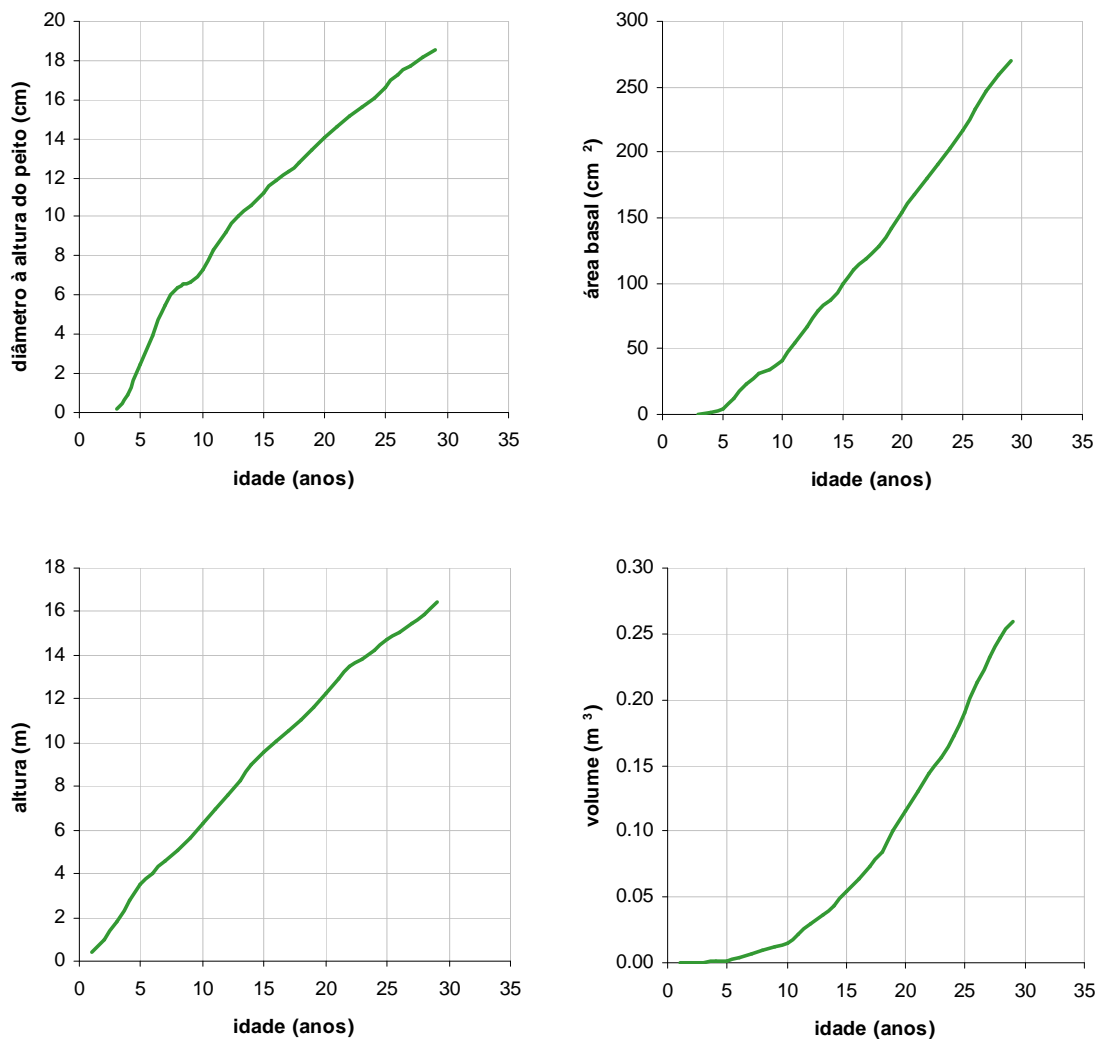


Figura 1.1 Evolução com a idade de diferentes variáveis de uma árvore com 29 anos, abatida no Perímetro da Meia-Via (Amarante)

Acréscimo médio anual:

Um outro tipo de acréscimo frequentemente considerado é o acréscimo médio anual

$$ama = \frac{X_n}{n}$$

mediante o qual se obtém o valor médio, constante desde o início da árvore até ao ano n . Tudo se interpreta como se o valor X_n que a variável toma no ano n fosse alcançado mediante um acréscimo valendo ama durante os n anos.

1.2 Crescimento do povoamento: crescimento líquido do povoamento principal, crescimento líquido, crescimento bruto, crescimento aparente

Quando se fala no crescimento ou acréscimo de um povoamento importa referir, tal como no caso da árvore, qual a variável de que se trata. Também para o povoamento a forma das curvas de crescimento das diferentes variáveis apresenta diferenças acentuadas. Estas diferenças estão bem patentes na figura 1.2, a qual representa a evolução de diferentes variáveis do povoamento numa parcela permanente localizada num eucaliptal da zona centro litoral. Na mesma figura, mostra-se também o resultado de simulações efectuadas com o modelo GLOBULUS 2.0 (Tomé *et al.*, 1999).

Quando se fala no crescimento ou acréscimo de um povoamento em volume ou área basal é importante considerar diferentes tipos de acréscimo:

Acréscimo bruto e acréscimo líquido:

No caso do povoamento há, obviamente, que contar com as árvores que morrem, assim como com aquelas que são abatidas em desbastes. De acordo com A. Gomes (1963) deve utilizar-se a seguinte nomenclatura:

- Crescimento líquido do povoamento principal: diferença entre o volume ou área basal entre dois inventários sucessivos, isto é, a diferença entre os volumes (ou áreas basais) do povoamento principal
- Crescimento líquido: crescimento líquido do povoamento principal acrescido do volume (ou área basal) correspondente aos cortes culturais e de exploração efectuados ao longo do período

- Crescimento bruto: crescimento líquido adicionado do volume (ou área basal) respeitante à mortalidade

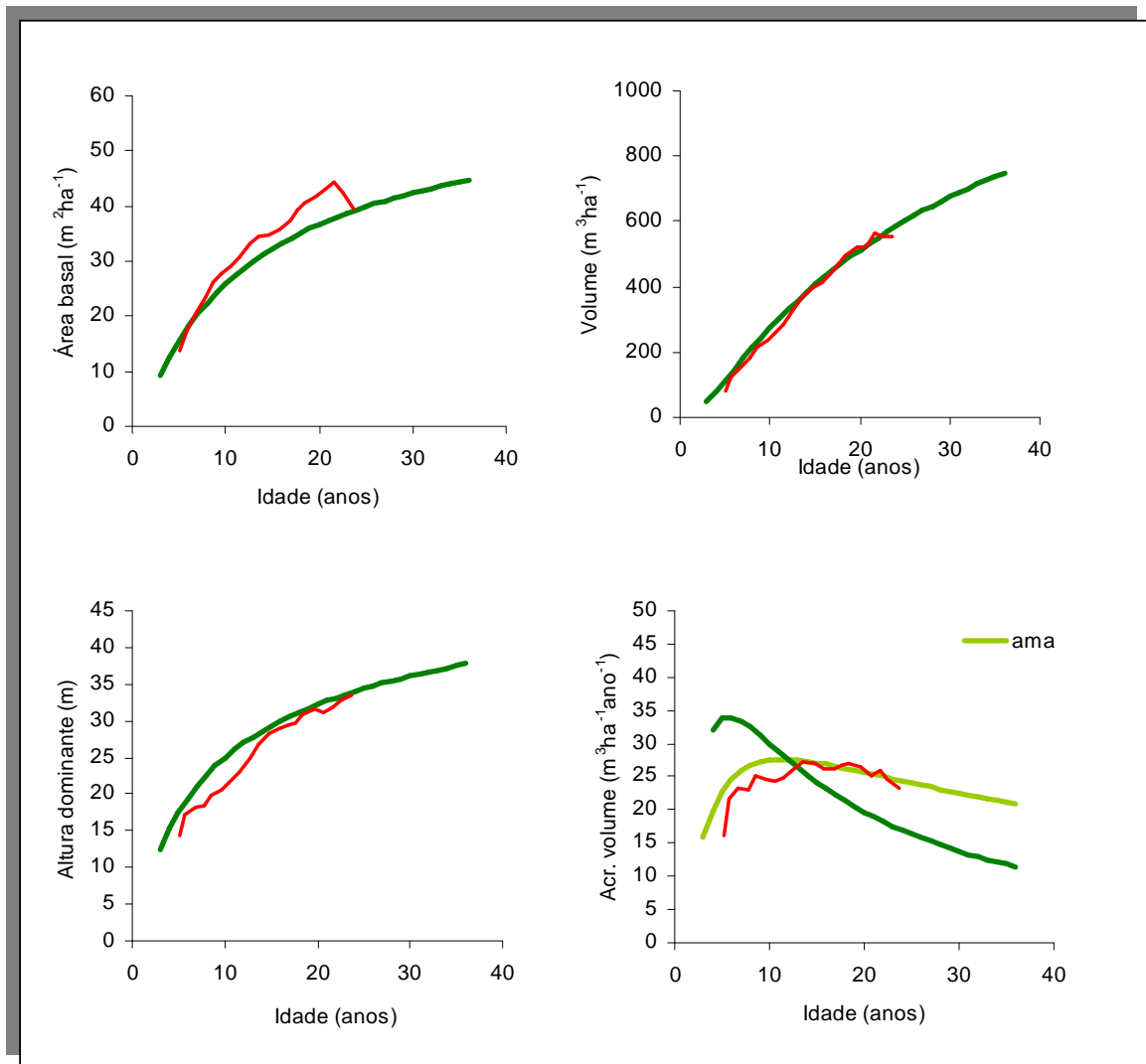


Figura 1.2. Evolução com a idade de diferentes variáveis do povoamento numa parcela permanente de eucalipto. Representam-se também os resultados da simulação do crescimento da mesma parcela com o modelo GLOBULUS 2.0. Apenas se representa o acréscimo corrente simulado.

Acréscimo aparente:

É corrente não se realizar a inventariação daquela fracção do material lenhoso em pé que não possua uma certa dimensão (diâmetro mínimo). Nos inventários da maior parte das empresas de celulose em Portugal, por exemplo, não são medidas (embora em alguns casos sejam contadas) as árvores com um dap inferior a 5 cm. Desta forma, ao efectuar-se mais tarde um novo inventário, várias das árvores não incluídas no primeiro inventário passam a ser inventariadas (são geralmente designadas por ingresso), circunstância que conduz à noção de acréscimo ou crescimento aparente. Assim, o crescimento aparente inclui também a diferença entre os dois inventários sucessivos que é consequência do ingresso.

Tanto para o caso da árvore, como para o caso do povoamento, tem grande importância comparar o acréscimo corrente com o acréscimo médio anual. Na figura 1.2, gráfico inferior direito, encontra-se um exemplo da evolução de tais acréscimos, tomando para variável o volume total. Como se tira da figura, o acréscimo corrente inicia-se muito mais rapidamente do que o médio anual, culminando mais cedo e a um valor bastante superior ao que este último acaba por atingir no seu ponto mais elevado. Neste último ponto cruzam-se, como é sabido, as curvas dos dois acréscimos, após o que o acréscimo médio anual se mantém sempre superior ao acréscimo corrente. No caso do povoamento, a idade que corresponde a tal encontro, isto é, ao máximo do acréscimo médio anual, marca a idade da chamada explorabilidade absoluta, aquela que visa a máxima produção de material lenhoso por unidade de superfície. A partir desta idade não convém, se o objectivo for o de maximizar a produção de material lenhoso, manter o povoamento por mais tempo, em consequência de se estar a decrescer o acréscimo médio por ano.

1.3 Relação entre o crescimento de diferentes variáveis do mesmo organismo ou população. As relações alométricas

Diz-se que existe uma relação de alometria linear, ou relação alométrica, entre dois elementos dimensionais (L e C) de um indivíduo ou população (no nosso caso, povoamento florestal), quando a relação entre eles se pode expressar na forma

$$L = b C^a \quad \Leftrightarrow \quad \ln L = \ln b + a \ln C$$

Por exemplo, sejam:

L -- área fotossintética de uma árvore

C -- área de câmbio

a -- constante alométrica, caracterizadora do indivíduo num determinado ambiente

b -- depende das condições iniciais e unidades de L e C

Esta relação resulta da hipótese de que, em indivíduos normais, as taxas relativas de crescimento de L e C são proporcionais:

$$\frac{1}{L} \frac{dL}{dt} = a \frac{1}{C} \frac{dC}{dt}$$

De facto,

$$\int \frac{1}{L} \frac{dL}{dt} = a \int \frac{1}{C} \frac{dC}{dt} \quad \Rightarrow \quad \ln L = k + a \ln C$$

O conhecimento da existência de relações alométricas entre as componentes de um indivíduo ou povoamento é bastante importante para a modelação do crescimento de árvores e povoamentos. É uma das hipóteses biológicas que podemos utilizar na formulação dos modelos.

1.4 Compatibilidade entre produção e crescimento. Modelação compatível

Embora o crescimento e a produção estejam biológica e matematicamente relacionados, nem sempre esta relação foi tida em conta nos estudos de produção florestal. Em consequência da disponibilidade de medições sucessivas na mesma parcela, Buckman (1962) e Clutter (1963) tentaram relacionar as análises de crescimento e produção, obtendo o que vulgarmente se designa por *modelos de produção e crescimento compatíveis*. Nestes modelos a relação entre crescimento e produção pode ser obtida por integração do modelo de crescimento (Clutter, 1963). Sendo Y a produção (crescimento acumulado) e t o tempo (idade), o crescimento será representado por

$$\frac{dY}{dt} = f(t)$$

e a produção entre duas idades t_0 e t por

$$Y = \int_{t_0}^t f(t) dt,$$

enquanto que a produção acumulada até à idade t será

$$Y = F(t) + c,$$

onde c é determinado a partir da produção Y_0 no instante t_0 (condição inicial).

Moser (1967, 1969) adaptaram o princípio da modelação compatível do crescimento e produção aos povoamentos irregulares utilizando uma equação para a taxa de crescimento expressa como função de uma característica dimensional.

$$\frac{dY}{dt} = f(Y)$$

Pode então obter-se a função cumulativa de crescimento ou função de produção, a partir de

$$dt = \frac{1}{f(Y)} dY$$

$$t = \int \frac{1}{f(Y)} dY + c = G(Y),$$

onde c é, mais uma vez, calculado com base no valor de Y no instante t_0 (condição inicial).

Uma solução para Y é, assim:

$$Y = G^{-1}(t) + c.$$

O problema da compatibilidade entre crescimento e produção é muito importante na modelação do crescimento e produção de povoamentos florestais, sendo a compatibilidade uma das características desejáveis num modelo de produção. Embora, neste primeiro contacto com o tema, possa parecer um problema um tanto abstracto, esperamos que, ao longo do curso, este tema se torne familiar para os alunos.

1.5 Exercícios e perguntas sobre o capítulo

1.5.1 Considere um talhão de pinheiro na Mata Nacional de Leiria (povoamento puro regular), o qual foi medido com uma periodicidade de aproximadamente 5 anos a partir dos 22 anos (figura 1).

- Diga o que entende por crescimento líquido do povoamento principal e por crescimento líquido, calculando os seus valores para os períodos 1985-1990 e 1990-1995. Como é que calcularia o crescimento bruto para os mesmos períodos?
- Para este povoamento faz sentido falar de crescimento aparente?
- Qual o índice de qualidade da estação aproximado para este talhão (idade padrão igual a 50 anos)?
- Calcule o volume total ao longo do tempo, considerando que antes dos 22 anos teve lugar uma limpeza na qual foi retirado um volume de 15 m^3

ano	t	Resultados do inventário						Informação sobre desbastes		
		hdom	ddom	N	G	V	W	Ndesb	Gdesb	Vdesb
1975	22	8.8	19.0	746.0	12.4	51.5	37.5	0	0.0	0.0
1980	27	10.3	22.9	738.0	18.3	86.7	60.8	0	0.0	0.0
1985	32	12.2	25.7	726.0	22.7	122.9	83.5	0	0.0	0.0
1986	33							181	4.2	21.2
1990	37	14.1	29.4	506.0	22.6	139.8	93.2	0	0.0	0.0
1991	38							141	5.2	30.1
1995	42	16.0	32.0	357.0	20.6	143.1	93.7	0	0.0	0.0
2005	52	19.2	37.6	339.0	27.4	221.2	142.2	0	0.0	0.0

Figura 1. Resultados do inventário e informação sobre desbastes num talhão da Mata Nacional de Leiria

1.5.2 Considere o ficheiro BiomassaClones.xls onde se organizaram os dados provenientes de amostragem destrutiva para avaliação de biomassas aéreas de árvores num ensaio no qual se testaram três clones plantados com três compassos de plantação.

- Faça gráficos representativos das relações alométricas entre a biomassa total e o diâmetro a 0.5 m, considerando separadamente os vários clones e representando os diferentes compassos por símbolos distintos. Analise os resultados obtidos.
- Faça gráficos representativos das relações alométricas entre a biomassa total e o diâmetro a 0.5 m, considerando separadamente os vários compassos e representando os diferentes clones por símbolos distintos. Analise os resultados obtidos.

