

## Modelação de organismos com crescimento logarítmico: aplicação às amonites \*

Filipe Barroso<sup>1,2</sup>, José Carlos Kullberg<sup>2a</sup> & Rogério Bordalo da Rocha<sup>2b</sup>

<sup>1</sup> Escola Secundária Fernão Mendes Pinto; filipe@pixels3d.com

<sup>2</sup> Centro de Investigação em Geociências Aplicadas, UNL, Campus de Caparica, 2829-516 Caparica;

<sup>a</sup> jck@fct.unl.pt; <sup>b</sup> rbr@fct.unl.pt

### Resumo

**Palavras-chave:** modelação de conchas, amonites, modelos animados, *Pixels 3d*

O presente trabalho reporta-se ao desenvolvimento de ferramentas de modelação de conchas de amonites para a produção de modelos animados com as finalidades didáctica e de divulgação científica.

Na presente aproximação, teve-se em conta que o crescimento das conchas de amonites a partir do estágio inicial – a protoconcha – pode ser interpretado como uma sucessão de revoluções a partir de um eixo central, sendo que as secções das sucessivas espiras vão aumentando em progressão geométrica. Efectivamente a essência da forma de numerosas conchas, sobretudo de gasterópodes e de bivalves, reside na espiral logarítmica, estudada já por R. Descartes.

Tomando como base a aplicação de modelação e animação *Pixels 3d* (Pixels Digital Inc., 2005), que possui as capacidades de automatização através de TCL e pode receber os comandos a partir de uma aplicação externa, elaborou-se um protótipo (*Shellia*) com interface autónoma, onde o utilizador prescreve os principais parâmetros da concha.

### Résumé

**Mots-clés:** modélisation de coquilles, ammonites, modèle animé, *Pixels 3d*

Ce travail présente le développement d'outils de modélisation de coquilles d'ammonites avec un objectif didactique et de diffusion scientifique.

Dans cette approche, on considère que la croissance des coquilles d'ammonites à partir de l'état initial – la protoconque – peut-être interprétée comme une succession de revolutions à partir d'un axe central, étant donné que les sections des différentes spires augmentent en progression géométrique. En effet, la forme de nombreuses coquilles, surtout de gastéropodes et de lamellibranches, est basée sur la spirale logarithmique, déjà étudiée par R. Descartes.

En prenant comme base l'application de modélisation et d'animation *Pixels 3d* (Pixels Digital Inc., 2005), qui possède des capacités d'automatisation à travers le TCL et peut recevoir les commandes à partir d'une application externe, on a élaboré un prototype (*Shellia*) avec une interface autonome, où l'utilisateur introduit les différents paramètres de la coquille.

### Abstract

**Key-words:** modelling tools, Ammonites, animated models, *Pixels 3d*

This work refers to the development of modelling tools to create Ammonite shells in order to produce animated models for scientific dissemination and didactic purposes.

In the approach here proposed we assume that the growth of those shells from an initial stage – the protoconch – can be interpreted as a succession of revolutions in turn of a central axis; thus the conch's section will increase as a non-linear progression. So, we emphasise that the shape of many type of shells, e.g. gastropods and bivalves, is based on the equation of the logarithmic spiral deduced by R. Descartes.

*Pixels 3d* (Pixels Digital Inc., 2005) is a TCL – scriptable modelling and animation software that allows extendable inter-application communication. Hence a standalone prototype (*Shellia*) with shell assignable parameters was produced and some of their issues and results will be presented here.

\* Trabalho realizado no âmbito do Programa FCT/MCT – POCTI/36438/Pal 2000 BIOSCALES.

## Introdução

O presente trabalho reporta-se ao desenvolvimento de ferramentas de modelação de conchas de amonites para a produção de modelos animados com finalidades didácticas e de divulgação científica. Este grupo taxionómico corresponde a um conjunto de organismos marinhos extintos (Filo *Mollusca*, Classe *Cephalopoda*), que habitou os oceanos principalmente durante a era mesozóica (cerca de 250 a 65 M.a.) e encontra “parentes próximos” no nautilo, cefalópode que habita o Pacífico equatorial ocidental, desde as Filipinas à Nova Guiné, à Nova Caledónia e às ilhas Fidji e Samoa (MOORE, 1964). As formas destes fósseis são quase ímpares na Natureza e os paleoambientes por eles ocupados apresentavam características muito específicas. A recriação credível de organismos que habitaram a Terra, nomeadamente naquela era, e os respectivos ambientes, tem merecido grande focalização por parte de animadores, em particular de grande editores de vídeo científico; referimo-nos, no caso, aos dinossauros que habitavam áreas continentais. A reconstituição de amonites e a recriação dos seus ambientes marinhos já se apresenta muito mais rara, apesar de, por exemplo, do ponto de vista estratigráfico, estas serem muito mais importantes do que aqueles; com efeito, trata-se de grupo fóssil no qual se fundamenta a biostratigrafia do Jurássico e do Cretácico, dois dos períodos daquela era.

A utilização de computadores para visualização e análise de conchas, assim como para a reconstituição de fenómenos de crescimento em ambientes virtuais, tem origem remota nos trabalhos de D. RAUP (1962); desde estes trabalhos pioneiros até o presente tem-se assistido ao aumento da verosimilhança e atenção ao pormenor das reconstituições. Na presente aproximação, teve-se em conta que o crescimento das conchas de amonites a partir do estádio inicial – a protoconcha – pode ser interpretado como uma sucessão de revoluções coplanares a partir de um eixo central, sendo que a secção da espira vai aumentando em progressão não linear.

Efectivamente, a essência da forma de numerosas conchas, mesmo a de outros grupos como gastrópodes e bivalves, reside na espiral logarítmica, estudada já por R. Descartes, em 1638; por seu lado, H. MOSELEY (1838) aplicou pela primeira vez esta espiral na descrição do enrolamento das conchas. No princípio do século XX a espiral logarítmica foi identificada em

muitas formas orgânicas (COOK, 1979). W. THOMPSON (in PRUSINKIEWICZ & FOWLER, 1998) apresentou vasto conjunto de medições de conchas taxionomicamente diferentes e mostrou a respectiva conformidade com o modelo logarítmico.

As formas mais comuns de conchas são essencialmente as de uma espira enrolada em torno de um eixo em que as sucessivas voltas estão em contacto umas com as outras. A parede exterior da espira irá formar a superfície da concha, enquanto que a parede mais próxima do eixo forma, por exemplo, a columela nos gastrópodes; a zona de contacto entre duas voltas sucessivas da espira forma uma parede dupla.

## Modelação tridimensional de conchas

A construção de uma helico-espiral é central à modulação da superfície de uma concha. Esta helico-espiral subjaz à posição no espaço, num sistema de coordenadas cilíndricas, das sucessivas curvas geradoras que formam as secções da espira que constitui a concha. Uma descrição polar do modelo, segundo W. THOMPSON (1952), será:

$$\theta = t; r = e^{(a.t)}; z = e^{(a.t)} \quad (1.1)$$

em que  $e$  representa a base dos logaritmos neperianos; o parâmetro  $t$  varia entre zero (ápice da concha) e  $t_{\max}$  na abertura e representa o ângulo, expresso em radianos, de rotação aplicado às sucessivas secções cuja interpolação vai constituir a espira;  $a$  representa a constante da espiral e é igual à cotangente de  $\alpha$ , onde  $\alpha$  é o “ângulo de Thompson” – a abertura da espiral (fig. 1). As duas primeiras equações representam uma espiral equiangular no plano  $Z=0$  (casos das amonites e do nautilo). A terceira equação dispõe a espiral do eixo dos  $Z$  contribuindo assim com a componente helicoidal para a forma.

A modelação de amonites, propósito do estudo aqui brevemente relatado, tem vindo a ser realizada através de duas aplicações: o *software* de modelação, animação e renderização *Pixels 3d*, (Pixels Digital Inc. 1994 – 2005) e uma aplicação auxiliar (*Shellia*) que comunica com o *Pixels 3d* através do sistema de comunicação interaplicações embebido nos sistemas Mac OS 8, 9 e X.

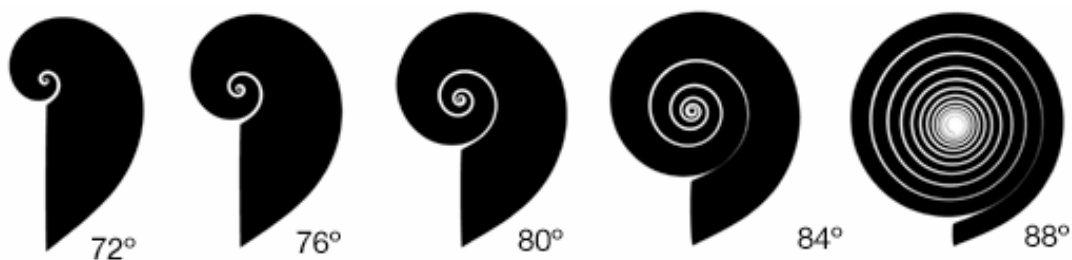


Fig. 1 – Efeito no enrolamento da espira da variação do ângulo de Thompson.

Aquela comunicação é efectuada através de um evento de tipo único – *do Script* cujo conteúdo é um conjunto de caracteres que poderá conter quaisquer comandos da linguagem TCL e os respectivos argumentos bem como comandos específicos da aplicação – *PixelsScript*. Basicamente a aplicação auxiliar *Shellia* confere ao *Pixels 3d* uma funcionalidade adicional do tipo *Step and Repeat*; ao invés do que é comum neste tipo de aplicações, a distribuição no espaço dos elementos geométricos replicados e a

dimensão relativa dos mesmos seguem a função logarítmica descrita em (1.1).

### Interface da aplicação *Shellia*

Os vários tipos de concha constroem-se fazendo variar os diferentes parâmetros representados na interface de *Shellia* e também posicionando “manualmente” os pontos que delimitam os segmentos da curva de Bézier (fig. 2), referida anteriormente como “curva geradora”.

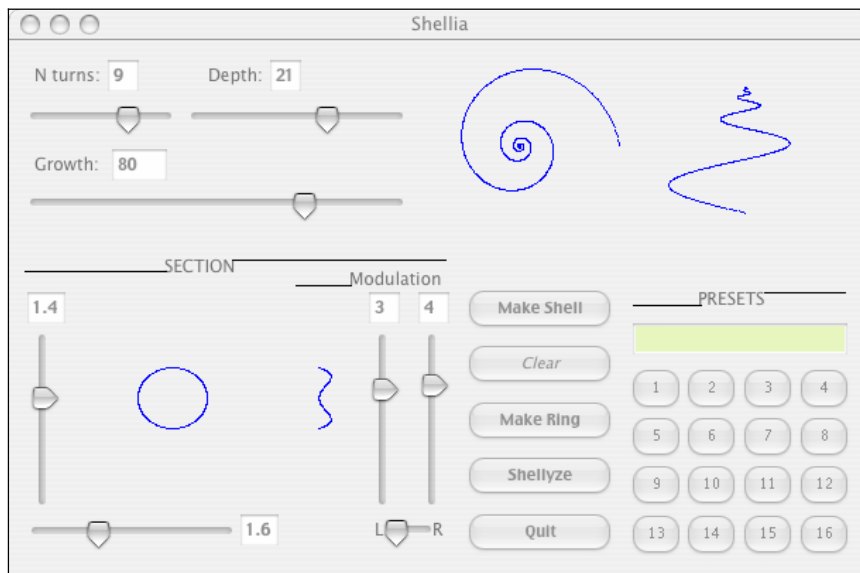


Fig. 2 – A interface de *Shellia*.

O primeiro cursor ("N turns") permite a prescrição do número de espiras. O segundo ("Depth") permite assinalar o desenvolvimento da concha em altura; para as amonites este parâmetro é igual a zero nas formas mais comuns, plani-espirais. O terceiro cursor ("Growth") permite introduzir o valor da abertura da curva. À direita, as linhas a azul mostram uma pré-visualização simplificada da forma da concha, em vistas, respectivamente, de topo e lateral. Esta representação é actualizada sempre que se modifica um dos parâmetros.

A *curva geradora* é parametrizada em "Section", onde é possível introduzir os parâmetros  $x$  e  $y$  da elipse

que vai formar a secção da concha. É ainda possível modular a elipse no eixo dos  $z$  para obter as secções características da maior parte dos amonóides (goniatites, ceratites e amonites).

Uma vez que a secção da concha de amonite nem sempre é uma elipse, tornou-se necessária uma opção de modelação com maior resolução. Assim, o botão "Make Ring" provoca a formação, na aplicação *Pixels 3d*, de uma curva de Bézier em que cada um dos 24 pontos constituintes pode ser reposicionado com o auxílio do rato (fig. 3).

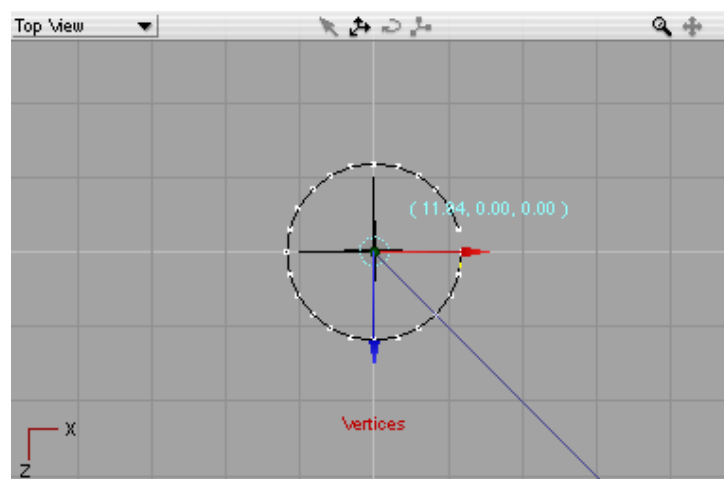


Fig. 3 – A secção do modelo da concha pode ser ajustada, ponto por ponto, no *Pixels 3d*.

A operação é concluída com a construção do modelo a partir desta curva geradora.

Dado que o *Pixels 3d* apresenta apenas a função *lofting* para curvas seleccionadas uma a uma através do rato, foi necessário acrescentar um *lofting* (interpolação) automático que interpolasse as curvas geradoras repetidas, redimensionadas e rodadas pela *Shellia*. Assim esta aplicação envia para o *Pixels 3d* um procedimento em *Pixelscript* que, ao ser invocado, inscreve a posição de cada um dos 24 pontos de cada secção numa forma única ("Mesh").

O modelo da concha estará pronto para renderização após a aplicação de uma textura ("shader") a qual pode, além da cor, introduzir ornamentação adicional (fig. 4).

## Conclusões

A modelação de amonites é demonstrada através da utilização de duas aplicações: o *software* de modelação, animação e renderização *Pixels 3d* e a aplicação *Shellia*, agora apresentada, que comunica com o *Pixels 3d* através do sistema de comunicação interaplicações embebido nos sistemas Mac OS 8, 9 e X. É exemplificado como, na interface de *Shellia*, a variação dos diferentes parâmetros aí representados permite a construção de vários tipos de espiras.

A utilização desta aplicação permite a elaboração de modelos tridimensionais de amonóides (bem como de muitos tipos de bivalves), mostrando boas potencialidades para a construção de animações com cefalópodes. Permite ainda a reconstituição completa da morfologia de fósseis cujos espécimes originais sejam apenas fragmentos das respectivas conchas.



Fig. 4 – Modelo (à direita) construído a partir de molde interno de *Perisphinctidae* (à esquerda).

## References

- COOK, T. A. (1979) – The Curves of Life. *Dover Publications*, New York, XXX+479 p. (reedição do trabalho publicado por *Constable & Company*, London, 1914).
- MOORE, R. C. (Ed.) (1964) – Treatise on Invertebrate Paleontology, Part K, Mollusca 3. *Geol. Soc. Amer. and Univ. Kansas Press*, Lawrence, xxviii+519 p.
- MOSELEY, H. (1838) – On the geometrical forms of turbinated and discoid shells. *Phil. Trans. R. Soc.* for 1838, London, pp. 351-370.
- PRUSINKIEWICZ, P. & FOWLER, D. (1998) – Shell models in three dimensions. In: MEINHARDT, H., *The Algorithmic Beauty of Sea Shells*. *Springer-Verlag*, Berlin, pp. 163-182.
- RAUP, D. M. (1962) – Computer as aid in describing form in gastropod shells. *Science*, New York, vol. 138, pp. 150-152.
- THOMPSON, W. D'ARCY (1952) – Ueber Wachstum und Form. *Birkhaeuser Verlag*, Basel.