

# Cálculo Lambda

## 1. Quem foi o idealizador do cálculo lambda e quando ele foi proposto (aproximadamente)?

R: O idealizador do cálculo lambda é o matemático Alonso Church e ele foi proposto na década de 1930.

## 2. Qual a relação entre cálculo lambda e máquina de Turing?

R: Em 1937, Alan Turing (aluno de Church) provou que a sua máquina de Turing e o Cálculo Lambda eram equivalentes em termos de computabilidade.

## 3. O que é o cálculo lambda? Em que ele foi útil na computação?

R: O cálculo lambda é um sistema formal que permite que as propriedades de computação sejam estudadas formalmente. A sua característica é a utilização de entidades que podem ser usadas como parâmetros para funções ou como retornos de outras funções.

## 4. O que são variáveis livres (independentes)? E variáveis vinculadas (dependentes)? Cite exemplos de variáveis livres e vinculadas em uma expressão lambda.

R: Variáveis livres são aquelas que não são ligadas no corpo de abstração. Aquelas que sim estão ligadas no corpo de abstração com o operador  $\lambda$  são vinculadas ou dependentes.

$\lambda y. x \ x \ y$

y é uma variável ligada e x é uma variável vinculada ou dependente

$\lambda x. \lambda y. x + y$

x e y são variáveis ligadas

## 5. O que significa currying em cálculo lambda? Exemplifique.

R: currying é a ação de transformar uma função que possui duas entradas em uma função que recebe apenas uma entrada e tem como saída outra função que possui uma entrada.

$\lambda x. \lambda y. x * x + y * y$

$$\lambda x. (\lambda y. x * x + y * y)$$

Antes, tratava-se de um cálculo de duas variáveis que retornava a soma dos seus quadrados, agora é uma função de uma variável que retorna outra função de uma variável que calcula a soma dos quadrados.

**6. O que significa uma expressão ser um "combinador", em cálculo lambda? Cite um exemplo de expressão que é um combinador.**

Um combinador é

**7. O que é aplicação e o que é abstração numa expressão lambda? Exemplifique.**

R: Aplicação é o conjunto de expressões que é aplicação da função com um argumento. Abstração é a definição de uma operação com variáveis.

Aplicação  $\rightarrow f(a)b$

Abstração  $\lambda a.b$

**8. O que significa dizer que duas expressões lambda são  $\alpha$ -equivalentes? Exemplifique.**

R:  $\alpha$ -equivalentes são aquelas funções que se forem  $\alpha$ -convertidas, que consiste em alterar os nomes das variáveis ligadas, tornam-se iguais a outra função.

$\lambda x.x$  e  $\lambda y.y$  são  $\alpha$ -equivalentes

**9. O que é a operação de  $\alpha$ -conversão ( $\alpha$ -renomeação)? Exemplifique.**

R: A operação de  $\alpha$ -conversão consiste em renomear ou alterar os nomes de variáveis ligadas.

**10. O que é Redução-Beta ( $\beta$ -Redução)?**

R: A  $\beta$ -redução é a ideia de aplicação de uma função, com uma função  $\lambda a.a^2$ , a sua  $\beta$  redução utilizando 7 como parâmetro é  $((\lambda a.a^2) 7)$ , onde sete é o argumento da função

**11. O que significa dizer que uma expressão lambda está em sua "forma normal"? Exemplifique com uma expressão lambda em sua forma normal.**

R: Forma normal é o formato de uma expressão que não possui mais possibilidades de reduções de redex (reduced expression). Ou seja, uma expressão pode sofrer redução sucessiva de redexes até que ela esteja em forma normal.

**12. Pesquise sobre o Combinador Y. O que é e o que ele faz? Descreva um pouco seu funcionamento**

R: Usualmente a implementação do combinador Y em uma função pode resultar na não-terminação dela. Por isso, são utilizados parâmetros a mais. Em linguagens de programação o combinador Y pode ser utilizado para implementar funções recursivas.

$Y F = F(Y F)$

É utilizado para implementar por exemplo o cálculo do fatorial em cálculo lambda.