

## Ficha 2

### Semântica das Linguagens de Programação

2021/22

1. Considere o seguinte programa:

```
z := 0; while (y<=x) do {z := z+1; x := x-y}
```

- (a) Determine um estado para o qual a sequência de derivação deste programa é finita e outro para o qual é infinita.
- (b) Escreva sequência de derivação gerada pela semântica operacional estrutural (*small-step*) para o caso finito.
- (c) Apresente as árvores de derivação que justificam cada um dos três primeiros passos de redução.

2. Considere o seguinte programa da linguagem **While**:

```
x := 1;
while (b>0) do {
  x := x*a;
  b := b-1 }
```

- (a) Recorrendo à semântica de transições (*small step*) simule a execução do programa a partir do estado inicial  $s$  em que  $sa = 3$  e  $sb = 2$ . Apresente as árvores de derivação que justificam cada uma das 4 primeiras transições.
- (b) Considere o programa  $x:=0$  e o programa **while** ( $x>0$ ) **do**  $x:=x-1$ . Serão estes dois programas equivalentes? Justifique a sua resposta com base na noção de equivalência induzida pela semântica de transições (*small step*).

3. Recorrendo à semântica operacional *small-step* prove a *equivalência* dos seguintes comandos:

- (a)  $\text{while } b \text{ do } C$  e  $\text{if } b \text{ then } \{C; \text{while } b \text{ do } C\} \text{ else skip}$
- (b)  $\{C_1; C_2\}; C_3$  e  $C_1; \{C_2; C_3\}$

4. Pretende-se estender a linguagem **While**, acrescentando-lhe uma nova forma de ciclo de acordo com a seguinte sintaxe abstracta:

$$\mathbf{Stm} \ni C ::= \dots \mid \mathbf{do } C_1 \mathbf{ while } b$$

A descrição informal da semântica deste comando é a seguinte:

*O comando  $C_1$  é executado repetidamente enquanto o valor da expressão  $b$  for verdadeiro, sendo o teste feito depois da execução do comando.*

- (a) Especifique formalmente o comportamento deste novo ciclo, escrevendo regras apropriadas para a *semântica operacional estrutural* da linguagem. As regras não devem fazer referência a outros ciclos.
- (b) Tendo em conta as regras que propôs, prove a *equivalência* dos dois comandos seguintes:

$$\mathbf{do } C \mathbf{ while } b \quad \text{e} \quad C ; \mathbf{while } b \mathbf{ do } C$$

5. Podemos adoptar uma abordagem operacional *small-step* para dar semântica às expressões aritméticas e booleanas. Para isso, considere **State** = **Var** → **Num**.

- (a) Defina uma semântica de transições *small-step* para as expressões aritméticas.
- (b) Defina uma semântica de transições *small-step* para as expressões booleanas.
- (c) Com poderia fazer uma avaliação “curto-circuito” das expressões booleanas (ao estilo do C) ?

6. Construa em Haskell um programa que simule a avaliação de programas, num dado estado, de acordo com a semântica operacional estrutural (*small-step*).

- (a) Defina a função **stepSOS** que implementa a relação de transição  $\langle C, s \rangle \Rightarrow \gamma$  que representa o primeiro passo de execução do programa  $C$  no estado  $s$ .
- (b) Defina a função **nstepsSOS** que simula  $n$  passos de execução (se possível) de um programa  $C$  num estado  $s$ .
- (c) Defina a função **evalSOS** que simula a execução completa de um programa  $C$  num estado  $s$ .
- (d) Defina alguns exemplos de programas e estados e teste as funções que definiu.