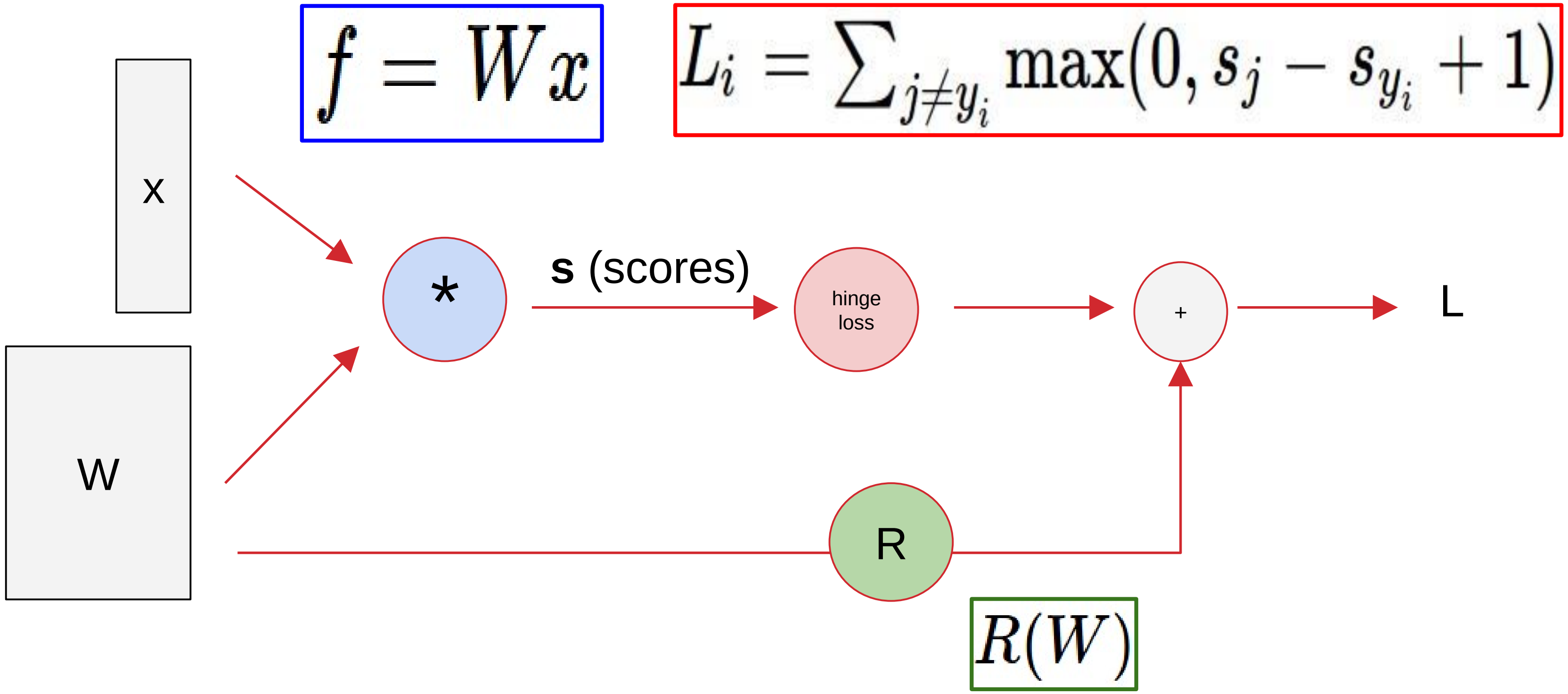
REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

PROPAGAÇÃO RETRÓGRADA (I)

Zenilton K. G. Patrocínio Jr
zenilton@pucminas.br

Grafo de Computação da Função de Perda

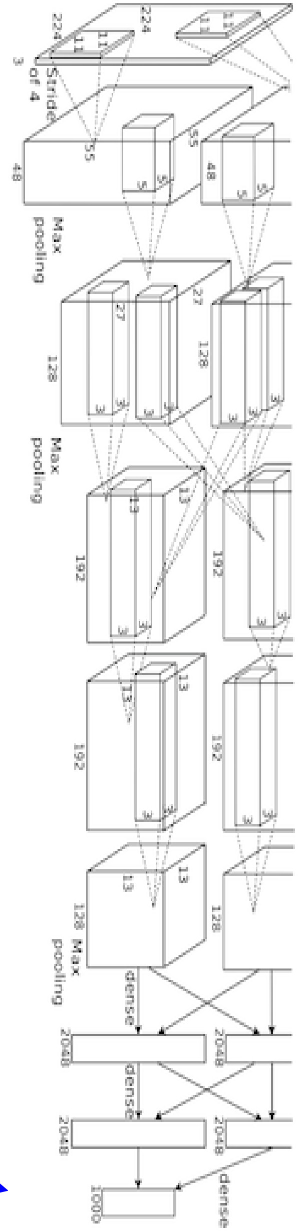


Rede Convolucional (AlexNet)

Imagem de entrada

Pesos

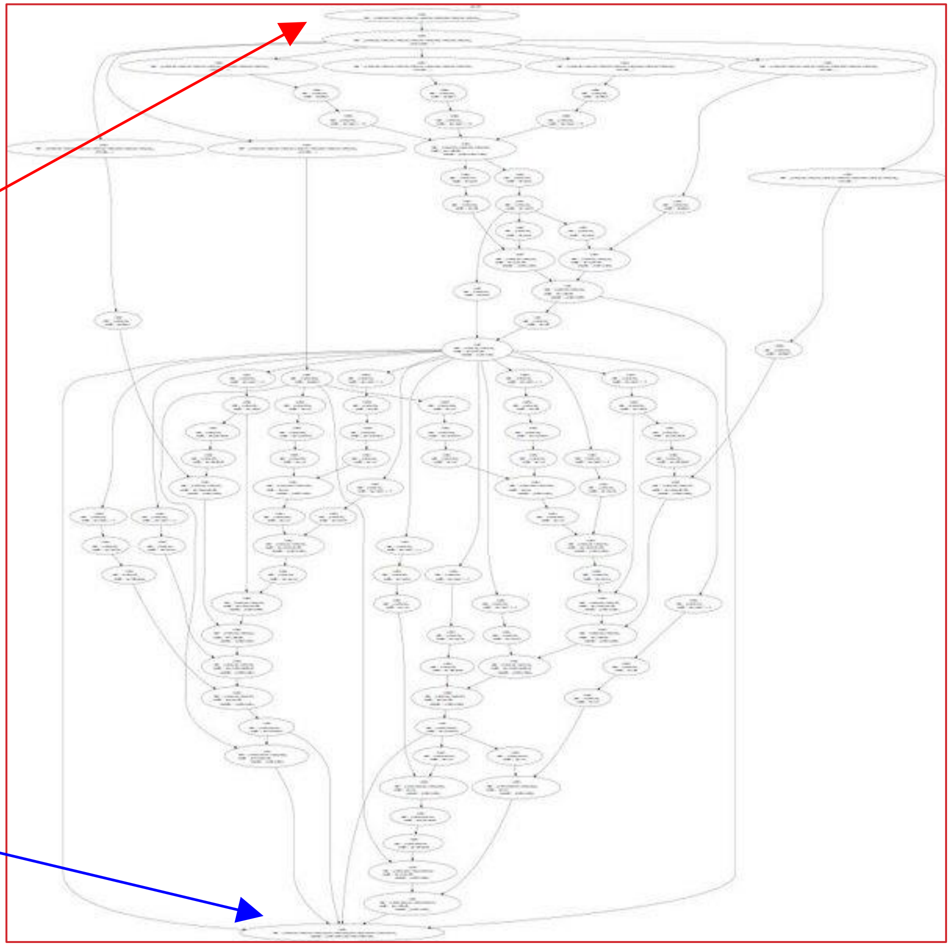
Perda



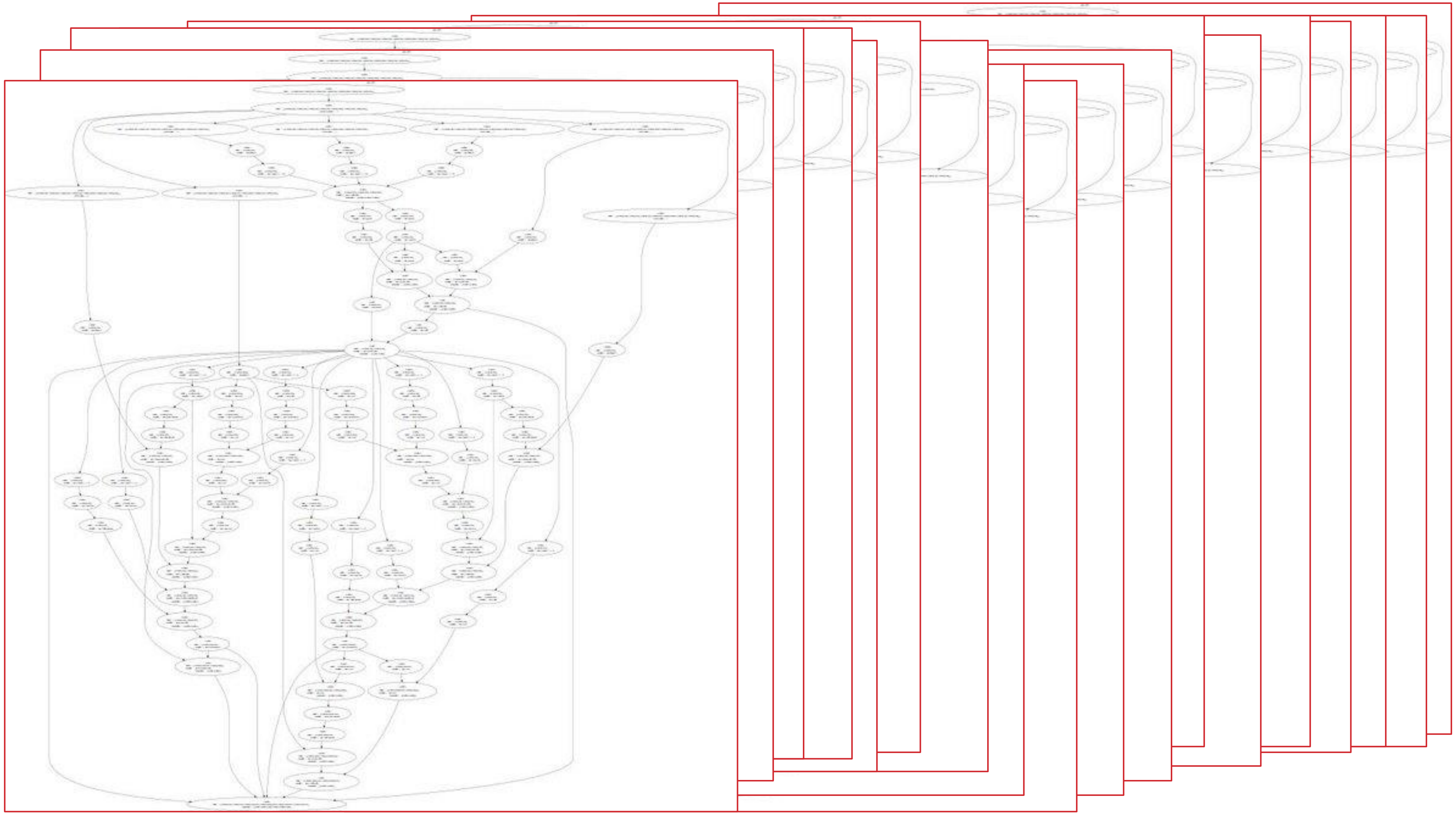
Máquina Neural de Turing

Fita de entrada

Perda

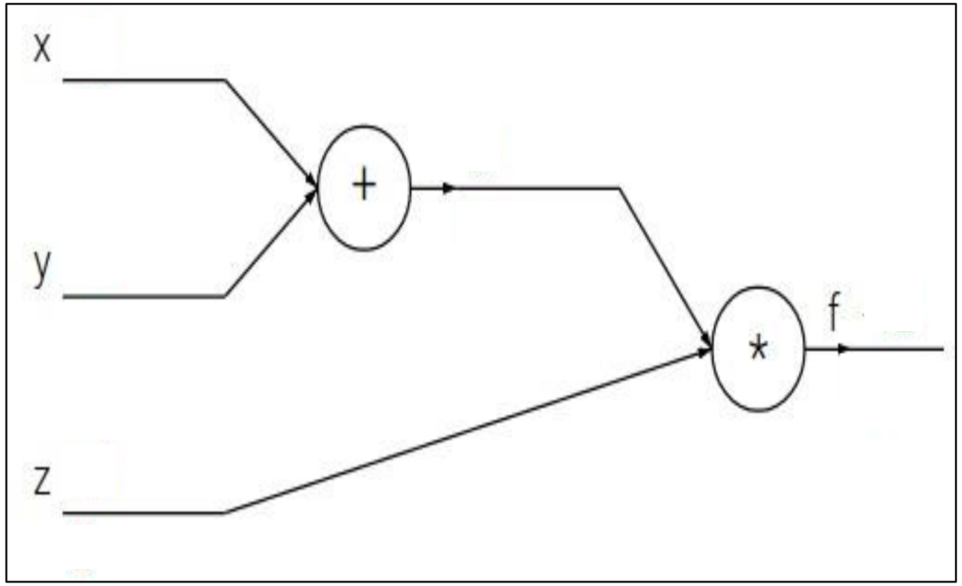


Neural Turing Machine



Diferenciação de um Grafo de Computação

Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

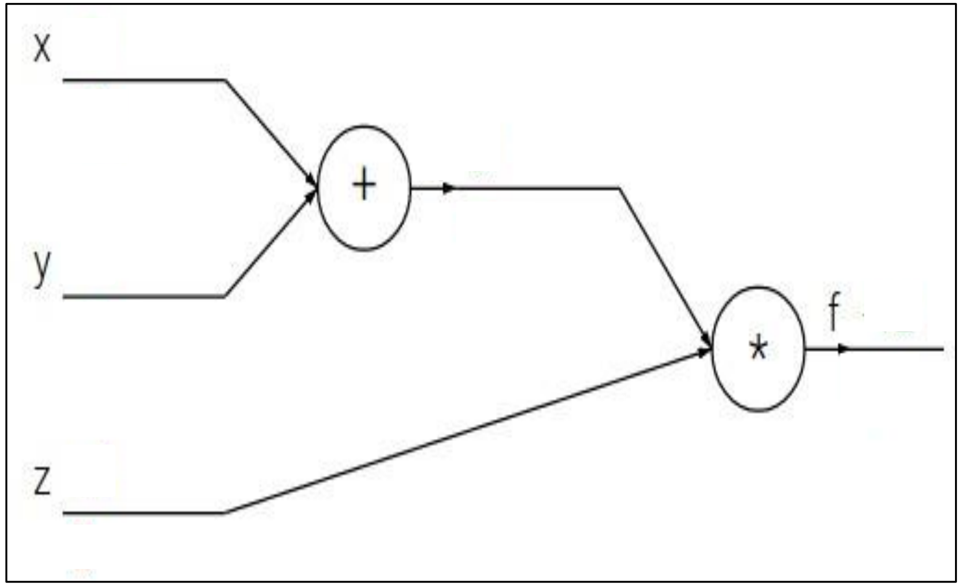


Diferenciação de um Grafo de Computação

Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Então, pode-se dizer que

$$f(x, y, z) = g(h(x, y), z)$$



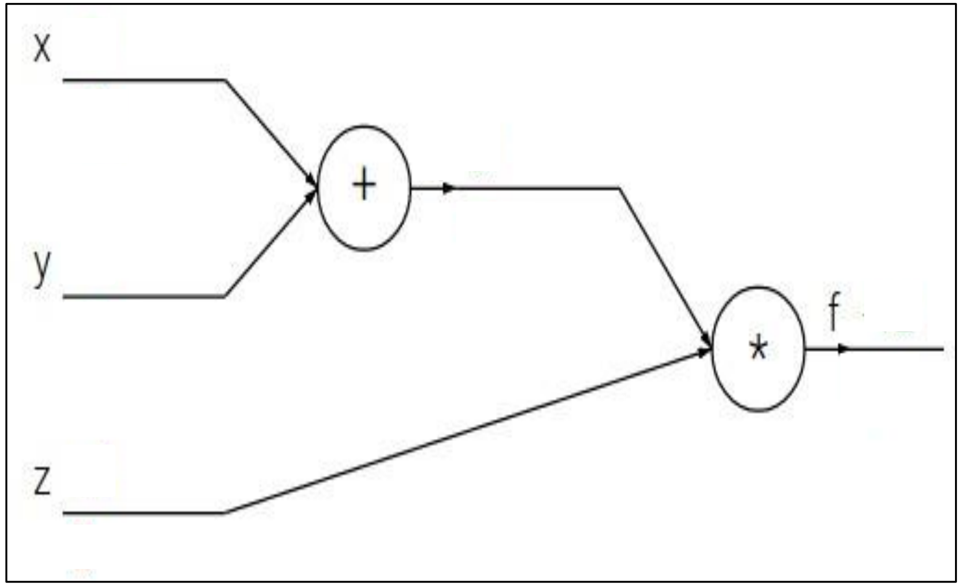
Diferenciação de um Grafo de Computação

Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Então, pode-se dizer que

$$f(x, y, z) = g(h(x, y), z)$$

em $h(x, y) = x + y$



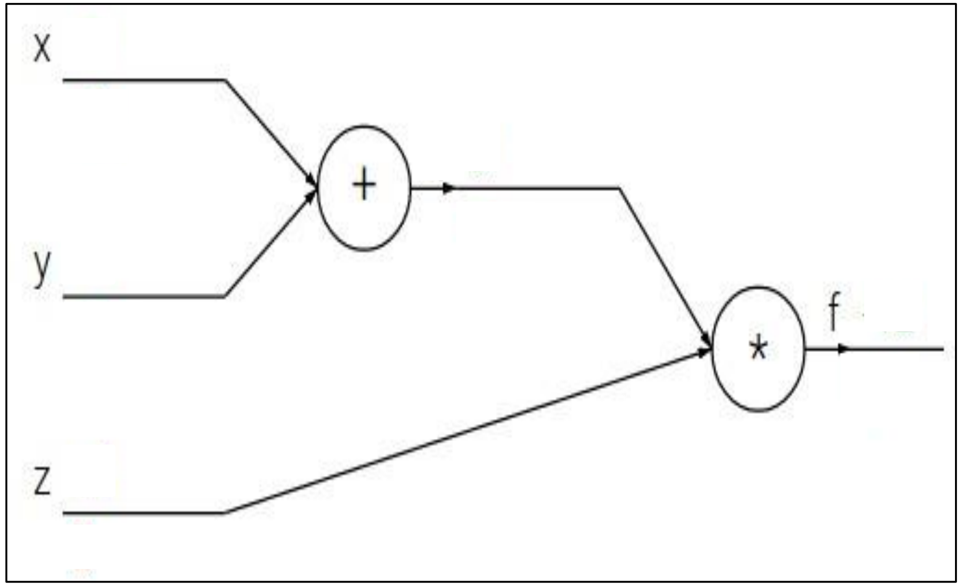
Diferenciação de um Grafo de Computação

Seja $f(x, y, z) = (x + y)\ \times z$

Então, pode-se dizer que

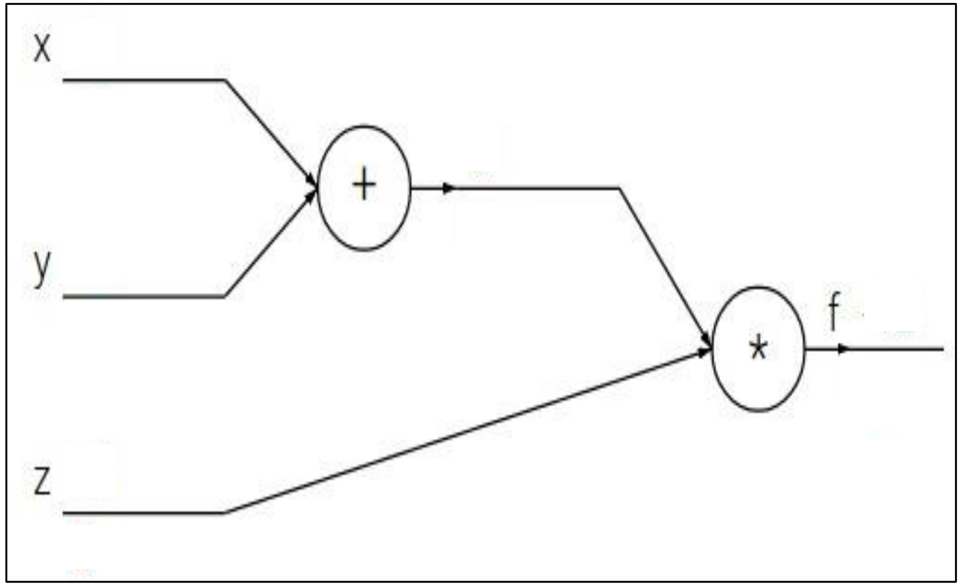
$$f(x, y, z) = g(h(x, y), z)$$

em $h(x, y) = x + y$ e $g(a, b) = a \times b$



Diferenciação de um Grafo de Computação

Seja $f(x,y,z) = (x+y) \times z$



Então, pode-se dizer que

$$f(x,y,z) = g(h(x,y),z)$$

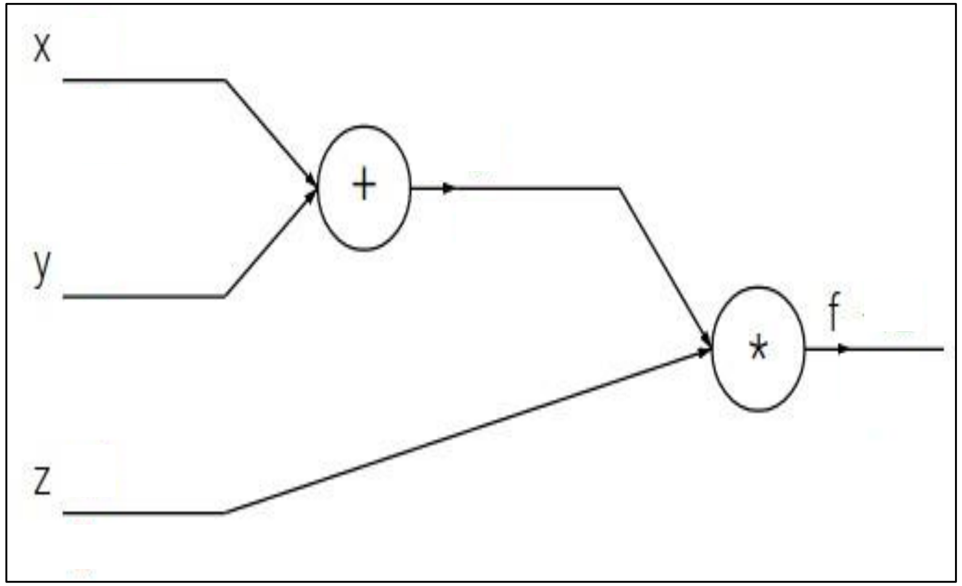
em $h(x,y) = x + y$ e $g(a,b) = a \times b$

Pela **regra da cadeia**, sabe-se que

$$\frac{df}{dx} = \frac{dg}{dh} \times \frac{dh}{dx}$$

Diferenciação de um Grafo de Computação

Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$



Então, pode-se dizer que

$$f(x, y, z) = g(h(x, y), z)$$

em $h(x, y) = x + y$ e $g(a, b) = a \times b$

Pela **regra da cadeia**, sabe-se que

$$\frac{df}{dx} = \frac{dg}{dh} \times \frac{dh}{dx}$$

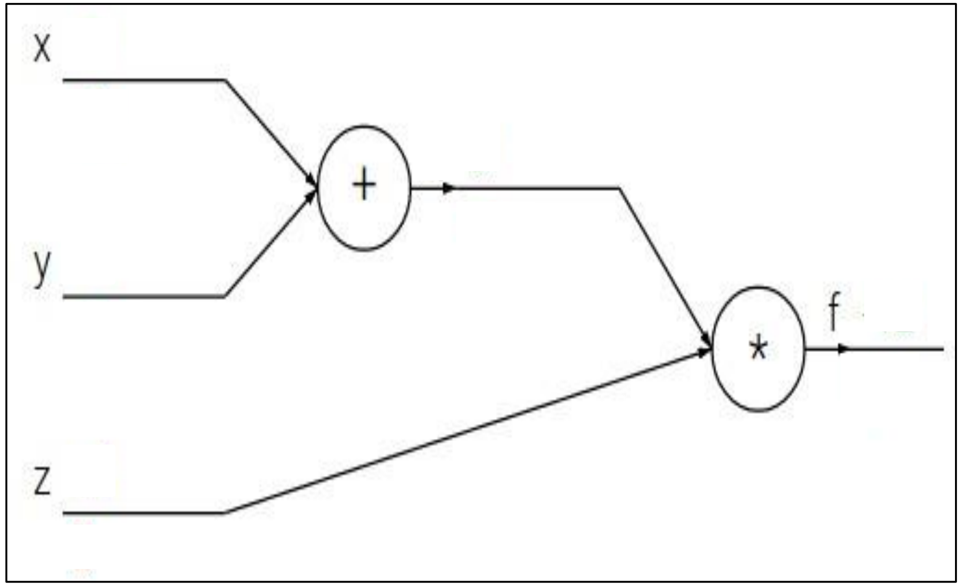
e

$$\frac{df}{dy} = \frac{dg}{dh} \times \frac{dh}{dy}$$

Diferenciação de um Grafo de Computação

Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

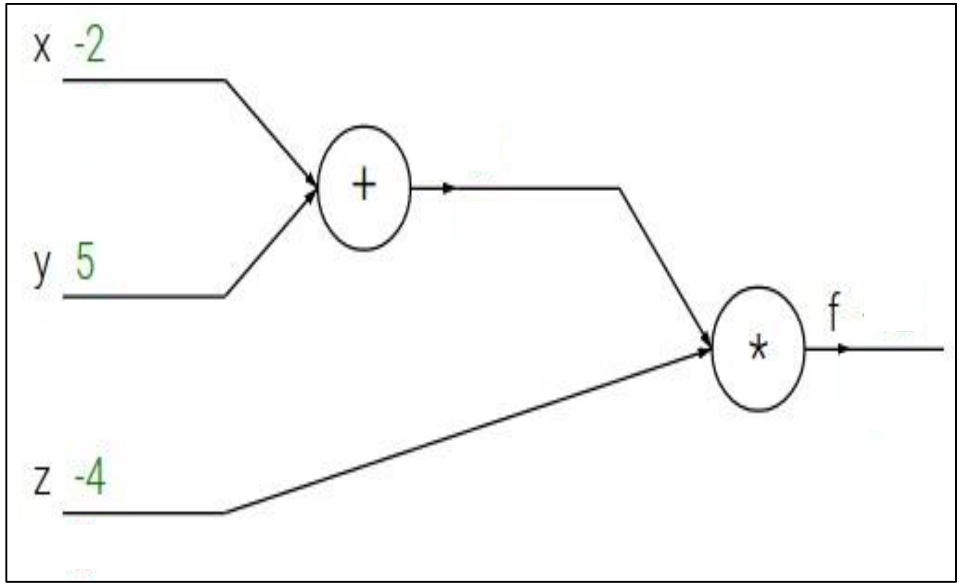
Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4



Diferenciação de um Grafo de Computação

Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

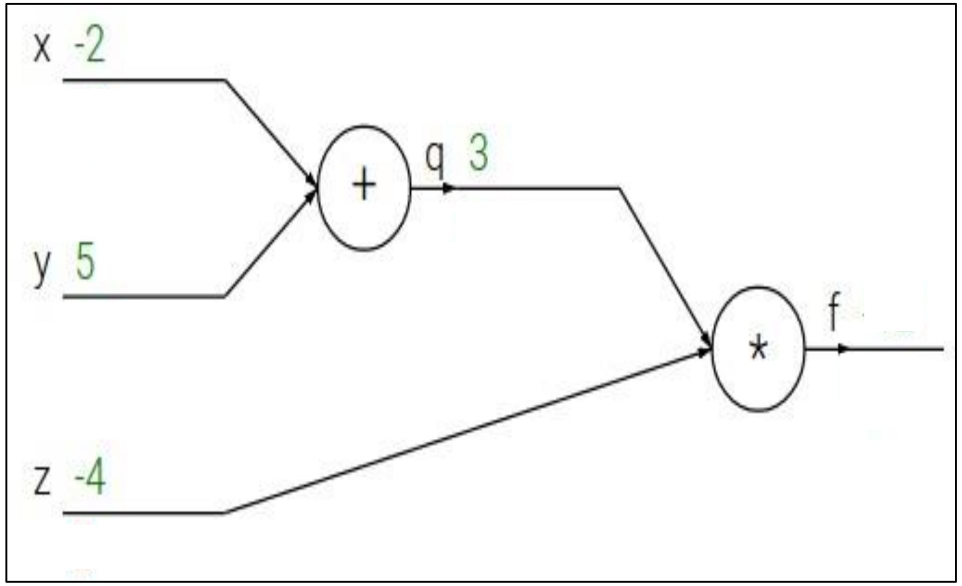


Diferenciação de um Grafo de Computação

Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$q = x + y$$



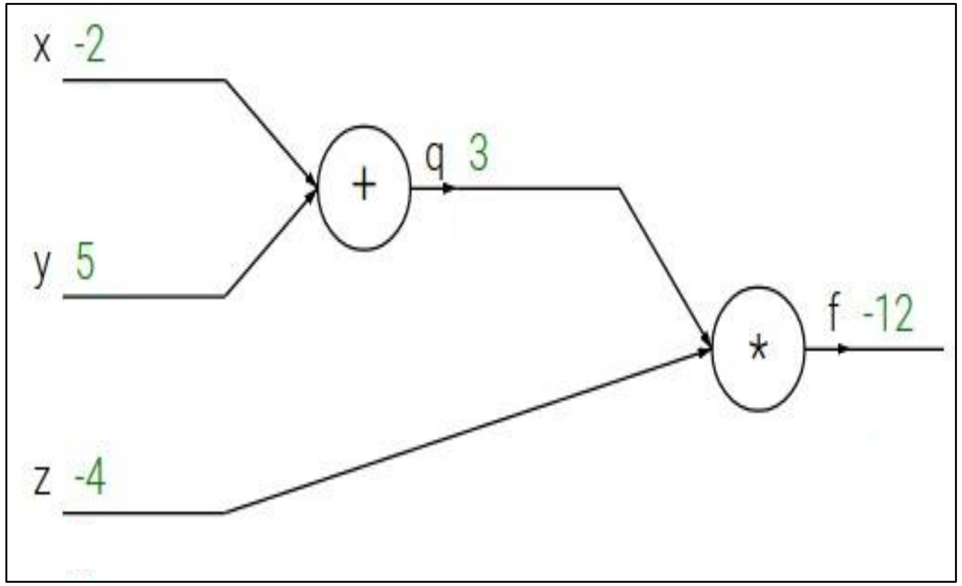
Diferenciação de um Grafo de Computação

Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$q = x + y$$

$$f = qz$$



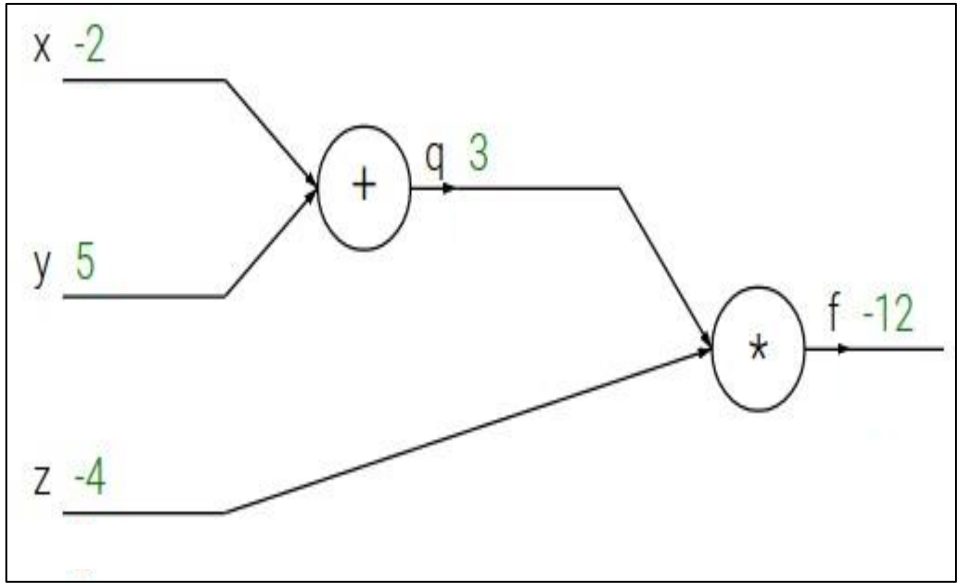
Diferenciação de um Grafo de Computação

Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$\boxed{q = x + y \qquad \frac{\partial q}{\partial x} = 1, \frac{\partial q}{\partial y} = 1}$$

$$f = qz$$



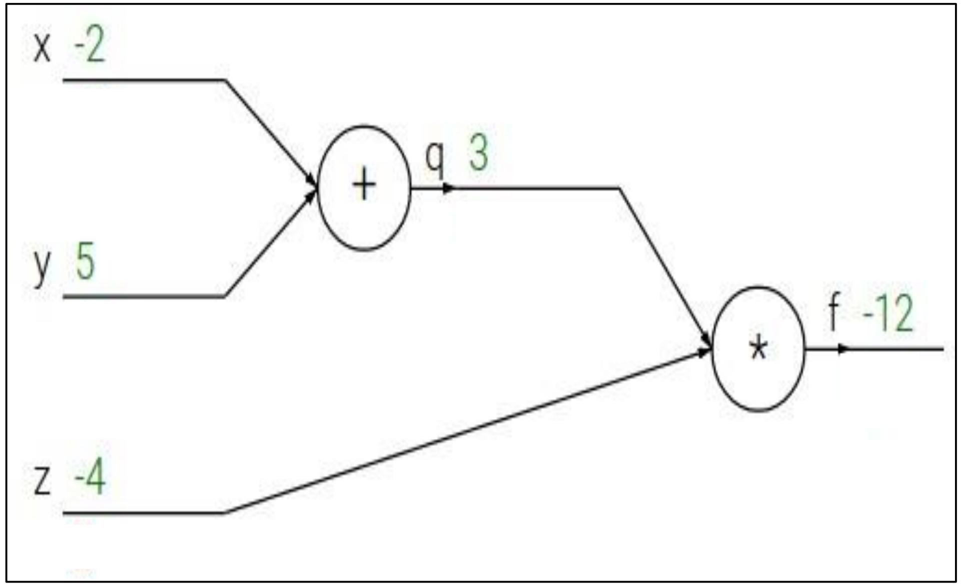
Diferenciação de um Grafo de Computação

Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$q = x + y \qquad \frac{\partial q}{\partial x} = 1, \frac{\partial q}{\partial y} = 1$$

$$f = qz \qquad \frac{\partial f}{\partial q} = z, \frac{\partial f}{\partial z} = q$$



Diferenciação de um Grafo de Computação

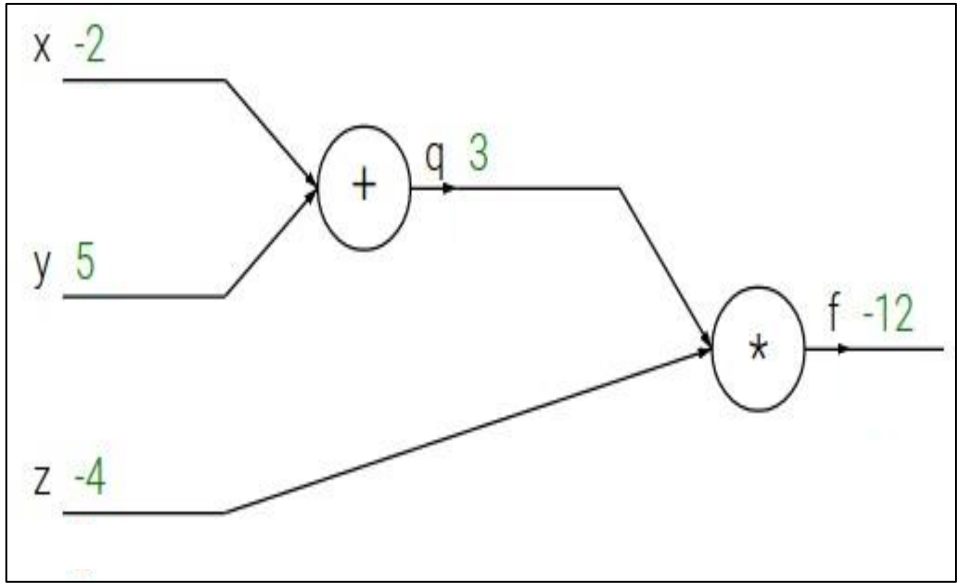
Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$q = x + y \qquad \frac{\partial q}{\partial x} = 1, \frac{\partial q}{\partial y} = 1$$

$$f = qz \qquad \frac{\partial f}{\partial q} = z, \frac{\partial f}{\partial z} = q$$

Deseja-se: $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$



Diferenciação de um Grafo de Computação

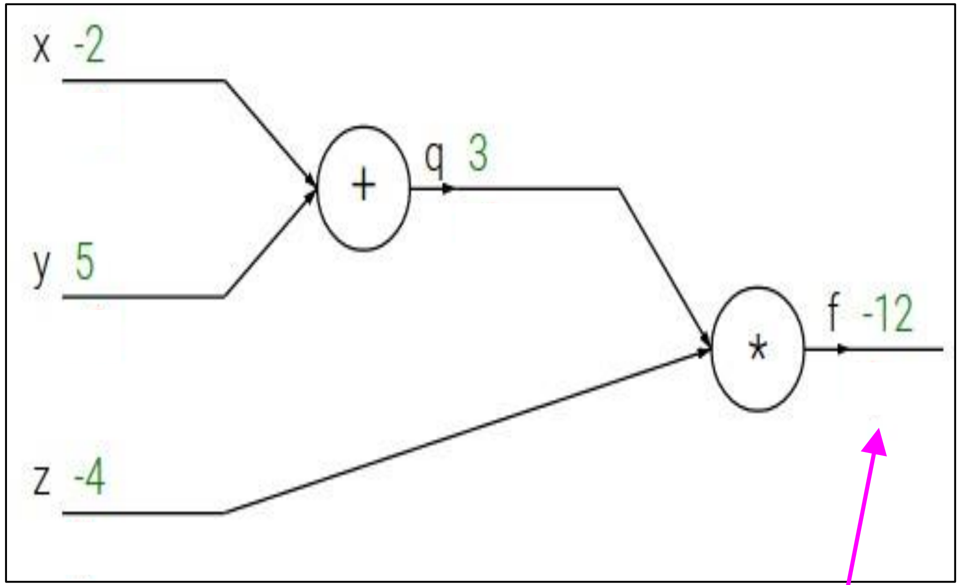
Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$\boxed{q = x + y \qquad \frac{\partial q}{\partial x} = 1, \frac{\partial q}{\partial y} = 1}$$

$$\boxed{f = qz \qquad \frac{\partial f}{\partial q} = z, \frac{\partial f}{\partial z} = q}$$

Deseja-se: $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$



$$\boxed{\frac{\partial f}{\partial f}}$$

Diferenciação de um Grafo de Computação

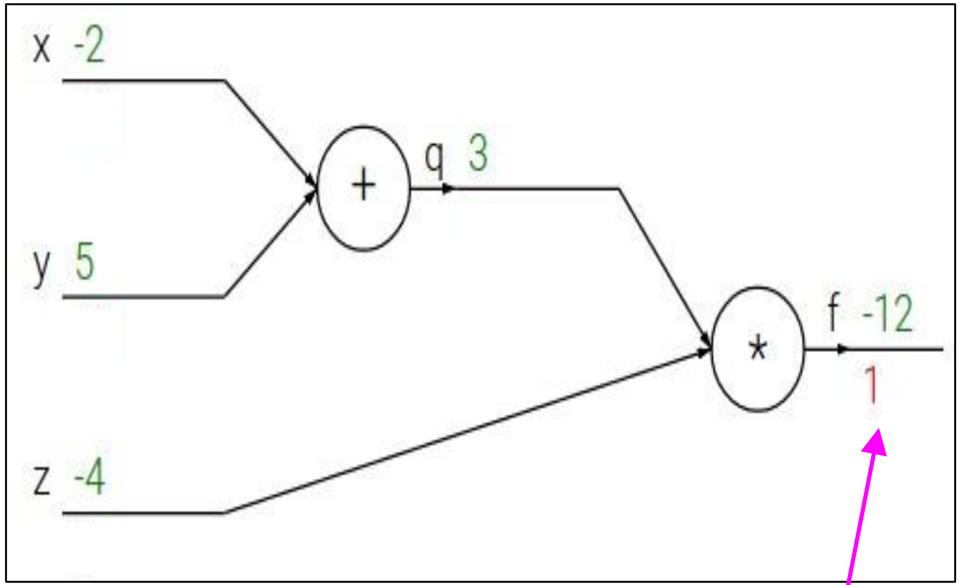
Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$q = x + y \qquad \frac{\partial q}{\partial x} = 1, \frac{\partial q}{\partial y} = 1$$

$$f = qz \qquad \frac{\partial f}{\partial q} = z, \frac{\partial f}{\partial z} = q$$

Deseja-se: $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$



$$\frac{\partial f}{\partial f}$$

Diferenciação de um Grafo de Computação

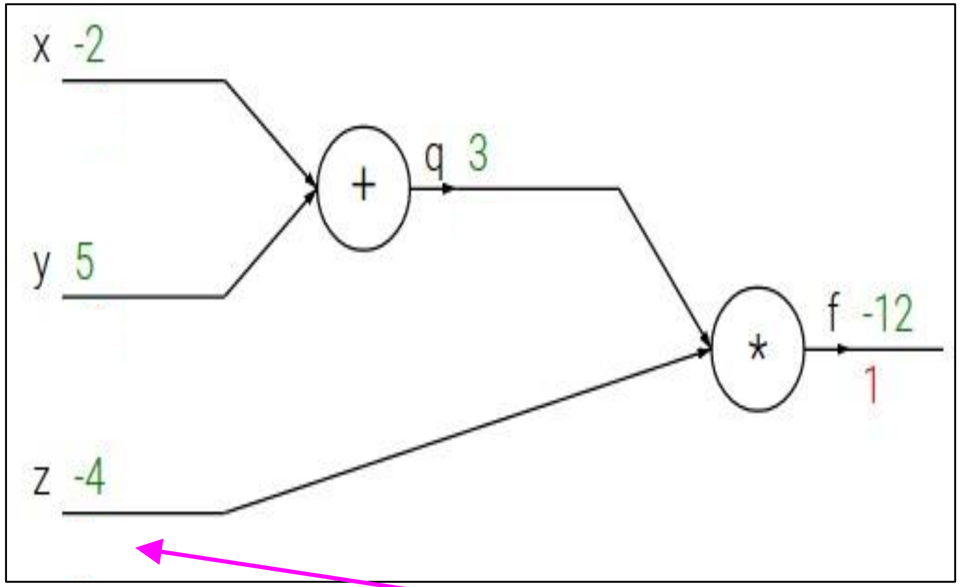
Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$q = x + y \qquad \frac{\partial q}{\partial x} = 1, \frac{\partial q}{\partial y} = 1$$

$$f = qz \qquad \frac{\partial f}{\partial q} = z, \frac{\partial f}{\partial z} = q$$

Deseja-se: $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$



$$\frac{\partial f}{\partial z}$$

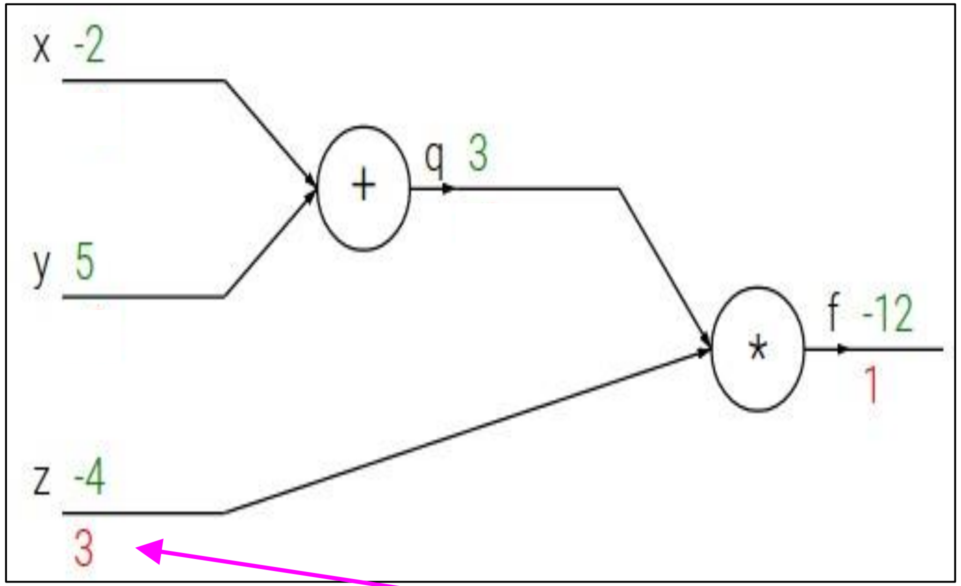
Diferenciação de um Grafo de Computação

Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$\boxed{q = x + y \qquad \frac{\partial q}{\partial x} = 1, \frac{\partial q}{\partial y} = 1}$$

$$\boxed{f = qz \qquad \frac{\partial f}{\partial q} = z, \frac{\partial f}{\partial z} = q}$$



$$\boxed{\frac{\partial f}{\partial z}}$$

Deseja-se: $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$

Diferenciação de um Grafo de Computação

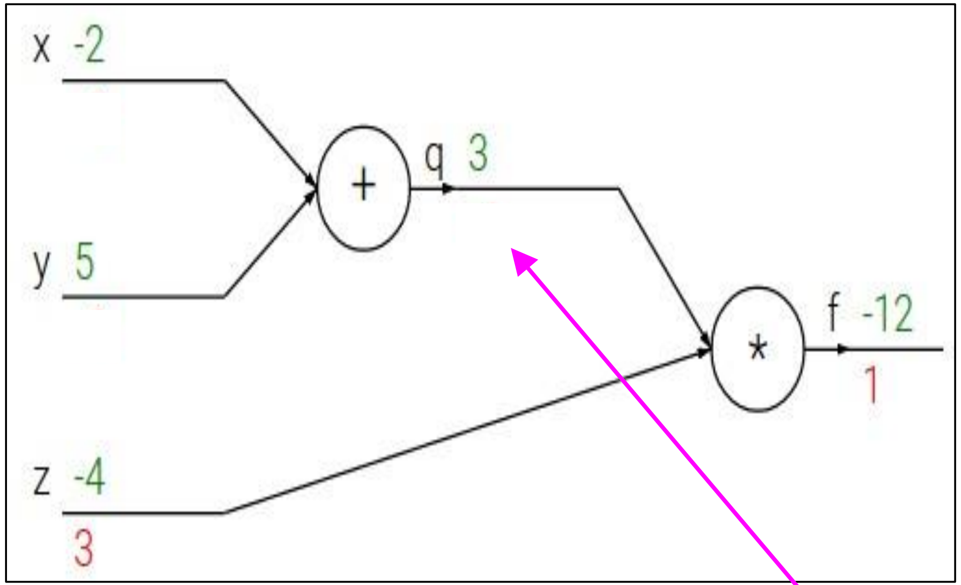
Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$q = x + y \qquad \frac{\partial q}{\partial x} = 1, \frac{\partial q}{\partial y} = 1$$

$$f = qz \qquad \frac{\partial f}{\partial q} = z, \frac{\partial f}{\partial z} = q$$

Deseja-se: $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$



$$\frac{\partial f}{\partial q}$$

Diferenciação de um Grafo de Computação

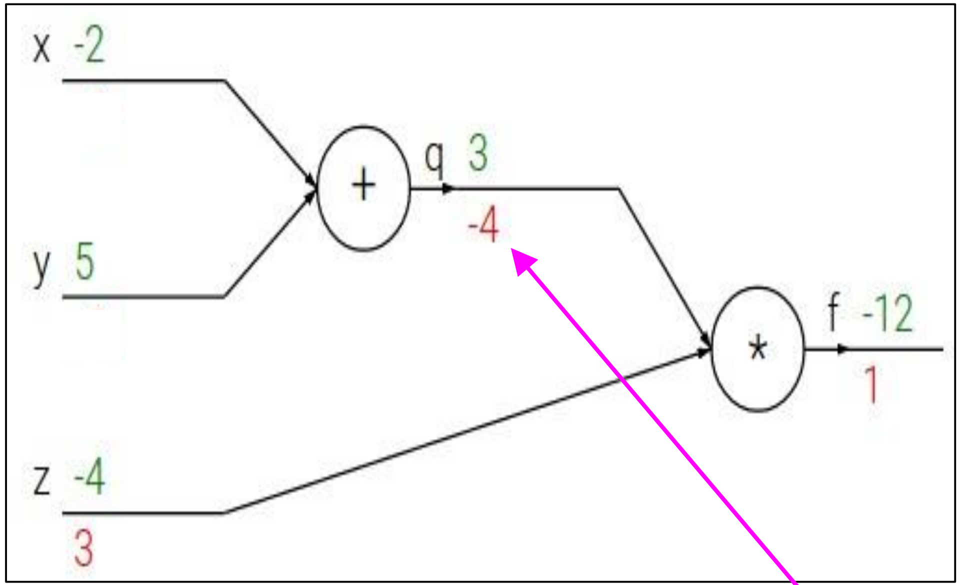
Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$\boxed{q = x + y \qquad \frac{\partial q}{\partial x} = 1, \frac{\partial q}{\partial y} = 1}$$

$$\boxed{f = qz \qquad \frac{\partial f}{\partial q} = z, \frac{\partial f}{\partial z} = q}$$

Deseja-se: $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$



$$\boxed{\frac{\partial f}{\partial q}}$$

Diferenciação de um Grafo de Computação

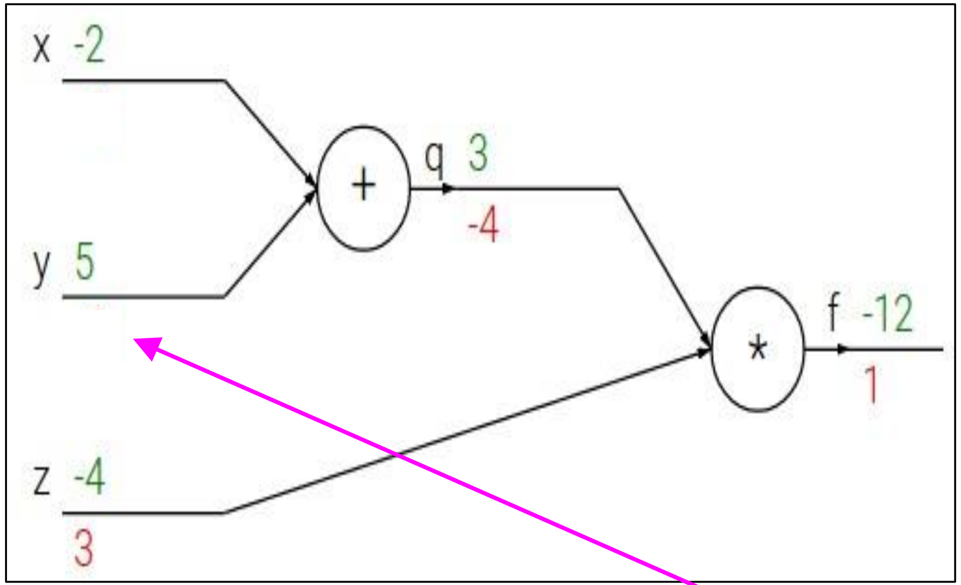
Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$q = x + y \qquad \frac{\partial q}{\partial x} = 1, \frac{\partial q}{\partial y} = 1$$

$$f = qz \qquad \frac{\partial f}{\partial q} = z, \frac{\partial f}{\partial z} = q$$

Deseja-se: $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$



$$\frac{\partial f}{\partial y}$$

Diferenciação de um Grafo de Computação

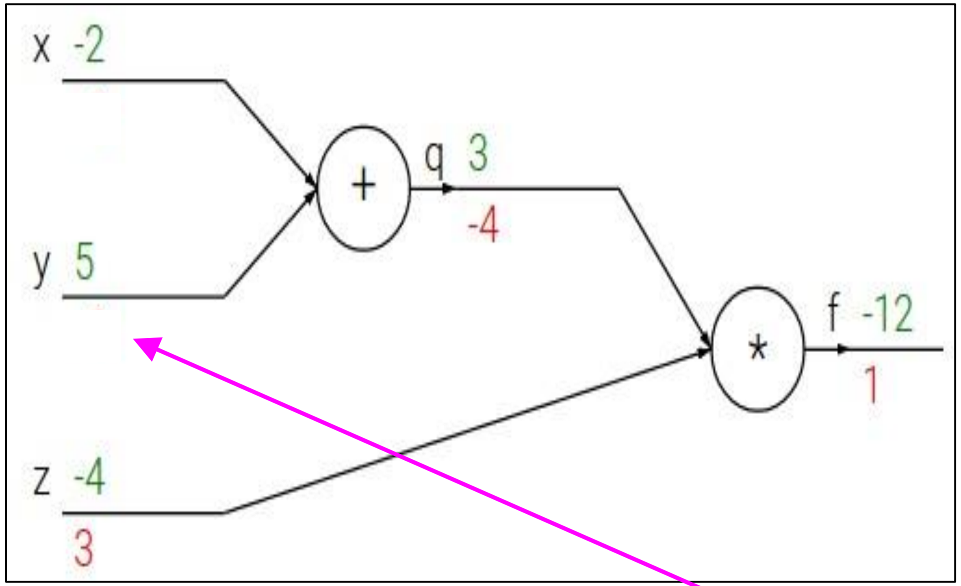
Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$q = x + y \qquad \frac{\partial q}{\partial x} = 1, \frac{\partial q}{\partial y} = 1$$

$$f = qz \qquad \frac{\partial f}{\partial q} = z, \frac{\partial f}{\partial z} = q$$

Deseja-se: $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$



$$\frac{\partial f}{\partial y}$$

Regra da Cadeia:

$$\frac{\partial f}{\partial y} = \frac{\partial f}{\partial q} \frac{\partial q}{\partial y}$$

Diferenciação de um Grafo de Computação

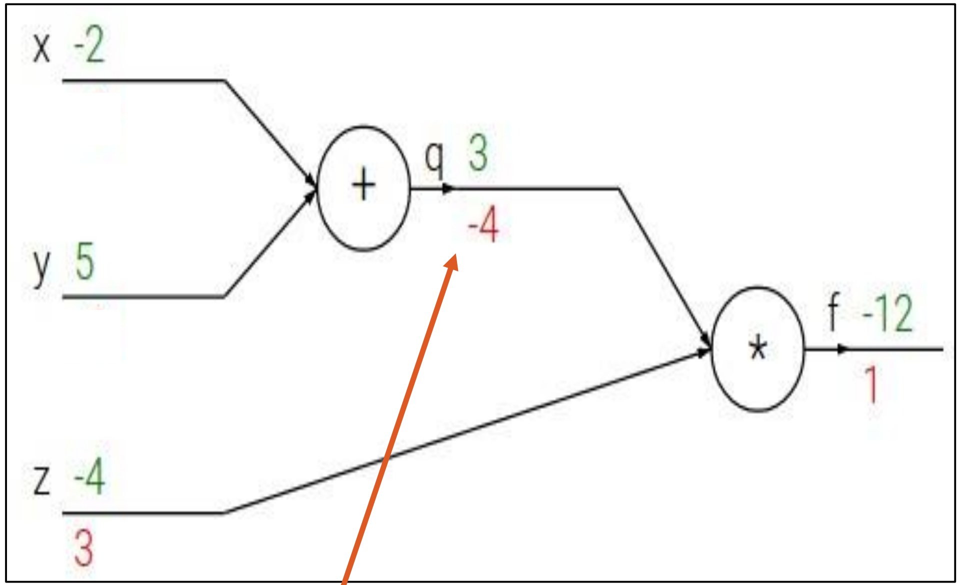
Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$q = x + y \qquad \frac{\partial q}{\partial x} = 1, \frac{\partial q}{\partial y} = 1$$

$$f = qz \qquad \frac{\partial f}{\partial q} = z, \frac{\partial f}{\partial z} = q$$

Deseja-se: $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$



Regra da Cadeia:

$$\frac{\partial f}{\partial y} = \frac{\partial f}{\partial q} \frac{\partial q}{\partial y}$$

Diferenciação de um Grafo de Computação

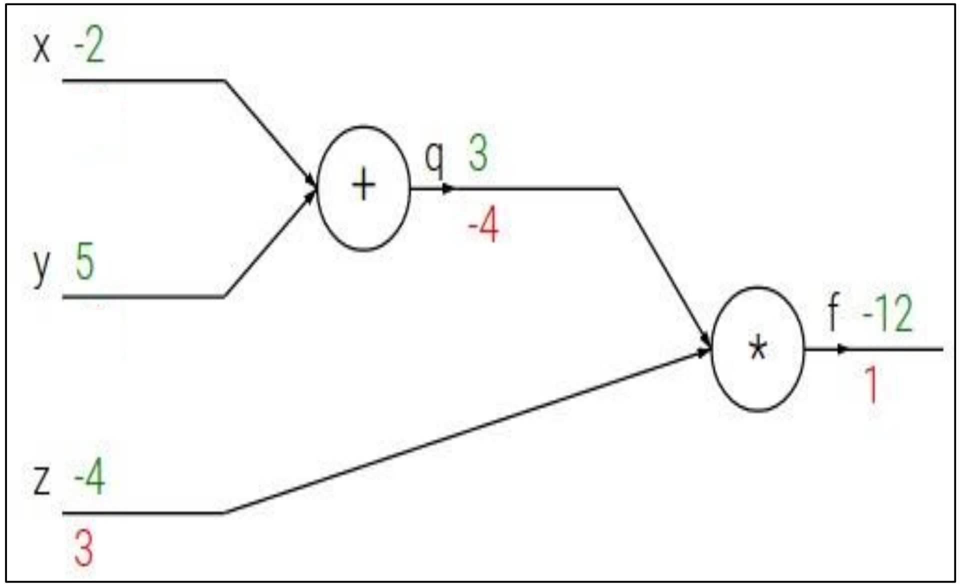
Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$q = x + y \qquad \frac{\partial q}{\partial x} = 1, \frac{\partial q}{\partial y} = 1$$

$$f = qz \qquad \frac{\partial f}{\partial q} = z, \frac{\partial f}{\partial z} = q$$

Deseja-se: $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$



Regra da Cadeia:

$$\frac{\partial f}{\partial y} = \frac{\partial f}{\partial q}\frac{\partial q}{\partial y}$$

Diferenciação de um Grafo de Computação

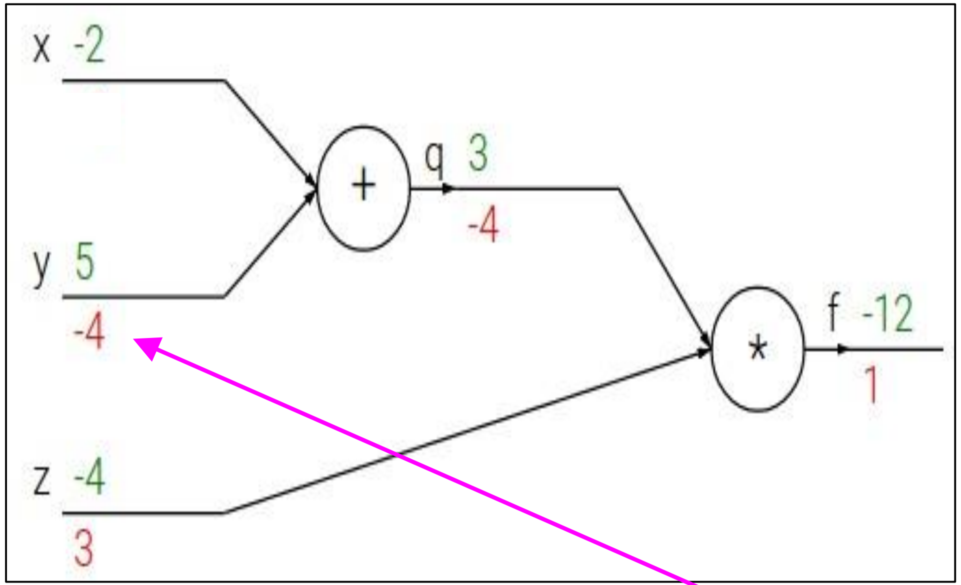
Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$\boxed{q = x + y \qquad \frac{\partial q}{\partial x} = 1, \frac{\partial q}{\partial y} = 1}$$

$$\boxed{f = qz \qquad \frac{\partial f}{\partial q} = z, \frac{\partial f}{\partial z} = q}$$

Deseja-se: $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$



$$\boxed{\frac{\partial f}{\partial y}}$$

Regra da Cadeia:

$$\boxed{\frac{\partial f}{\partial y} = \frac{\partial f}{\partial q}\frac{\partial q}{\partial y}}$$

Diferenciação de um Grafo de Computação

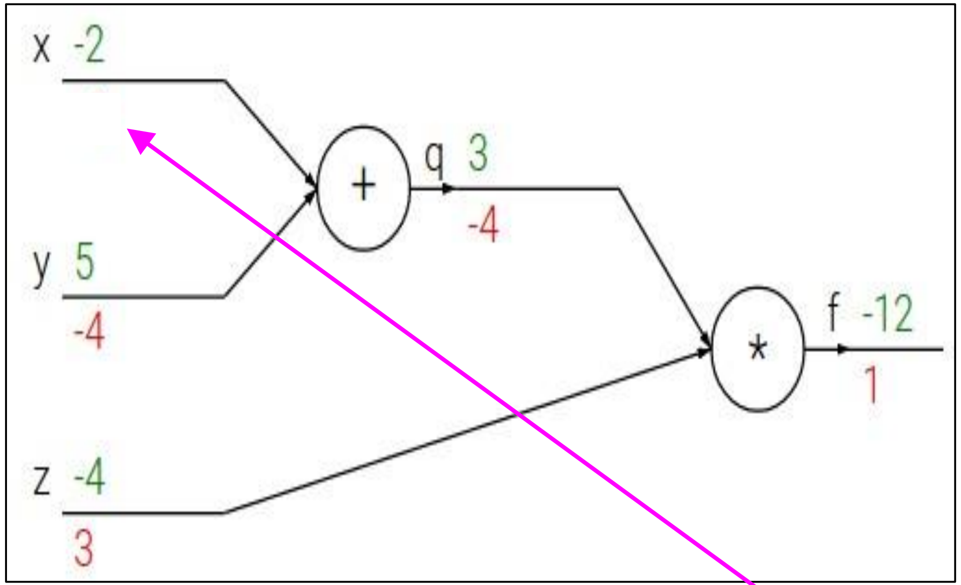
Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$q = x + y \qquad \frac{\partial q}{\partial x} = 1, \frac{\partial q}{\partial y} = 1$$

$$f = qz \qquad \frac{\partial f}{\partial q} = z, \frac{\partial f}{\partial z} = q$$

Deseja-se: $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$



$$\frac{\partial f}{\partial x}$$

Diferenciação de um Grafo de Computação

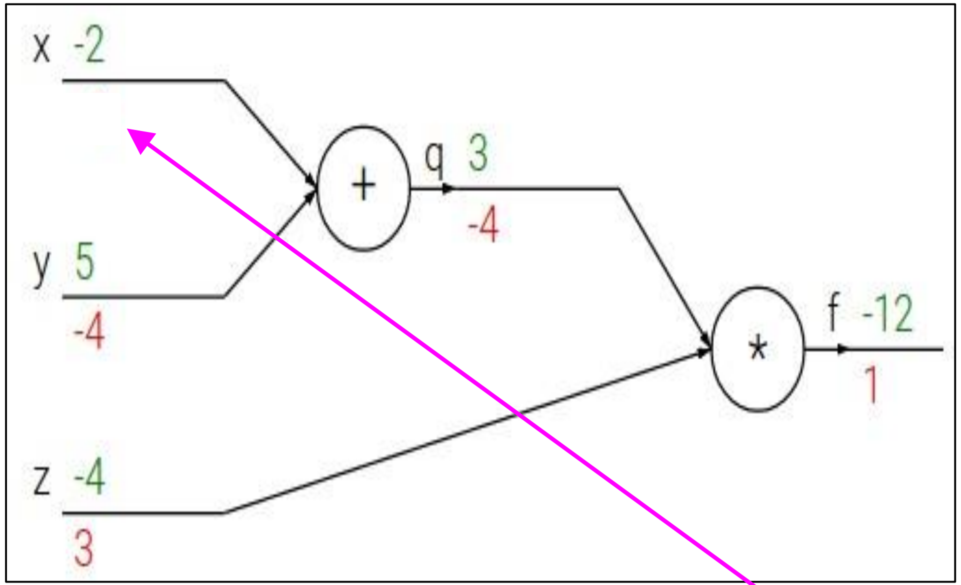
Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$q = x + y \qquad \frac{\partial q}{\partial x} = 1, \frac{\partial q}{\partial y} = 1$$

$$f = qz \qquad \frac{\partial f}{\partial q} = z, \frac{\partial f}{\partial z} = q$$

Deseja-se: $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$



$$\frac{\partial f}{\partial x}$$

Regra da Cadeia:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial q}\frac{\partial q}{\partial x}$$

Diferenciação de um Grafo de Computação

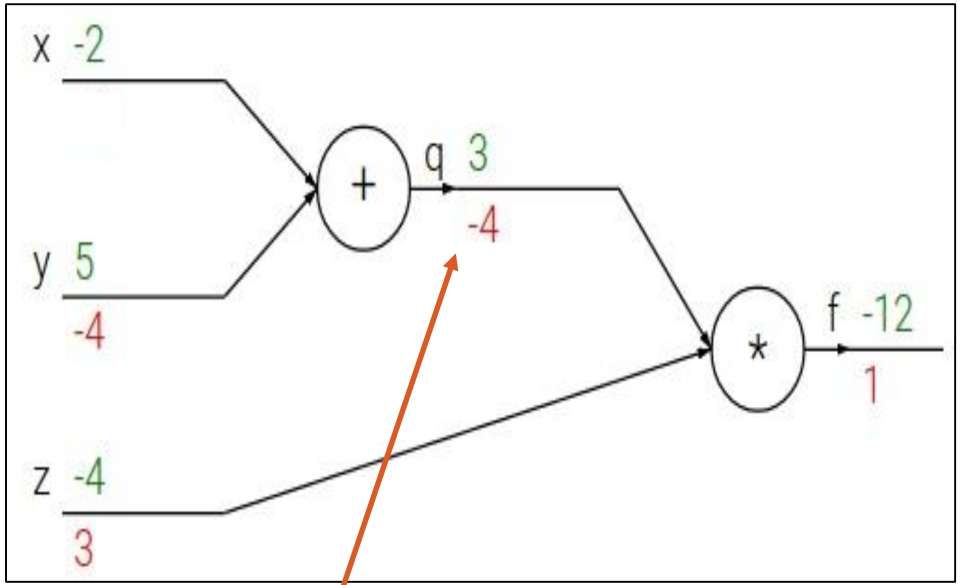
Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$q = x + y \qquad \frac{\partial q}{\partial x} = 1, \frac{\partial q}{\partial y} = 1$$

$$f = qz \qquad \frac{\partial f}{\partial q} = z, \frac{\partial f}{\partial z} = q$$

Deseja-se: $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$



Regra da Cadeia:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial q} \frac{\partial q}{\partial x}$$

Diferenciação de um Grafo de Computação

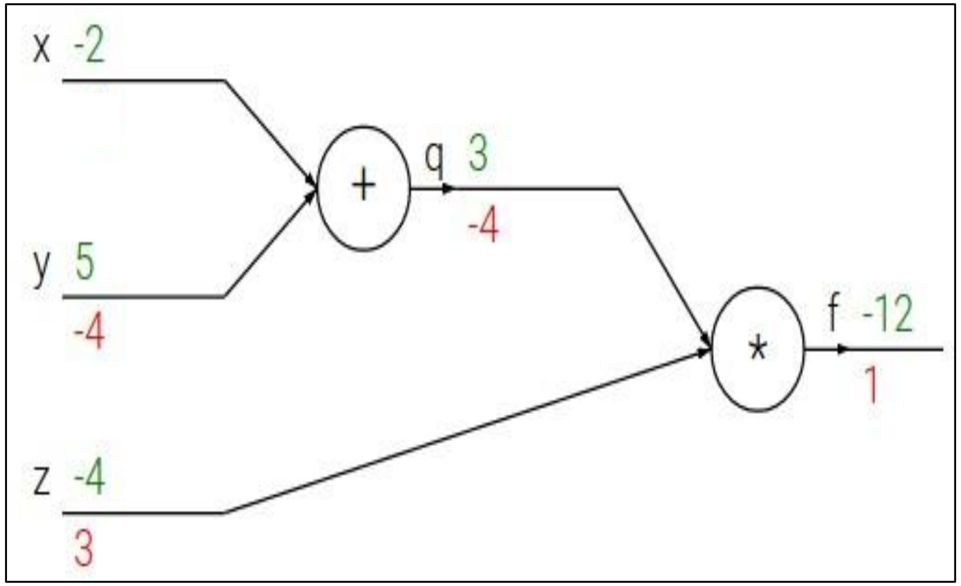
Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$q = x + y \qquad \frac{\partial q}{\partial x} = 1, \frac{\partial q}{\partial y} = 1$$

$$f = qz \qquad \frac{\partial f}{\partial q} = z, \frac{\partial f}{\partial z} = q$$

Deseja-se: $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$



Regra da Cadeia:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial q} \frac{\partial q}{\partial x}$$

Diferenciação de um Grafo de Computação

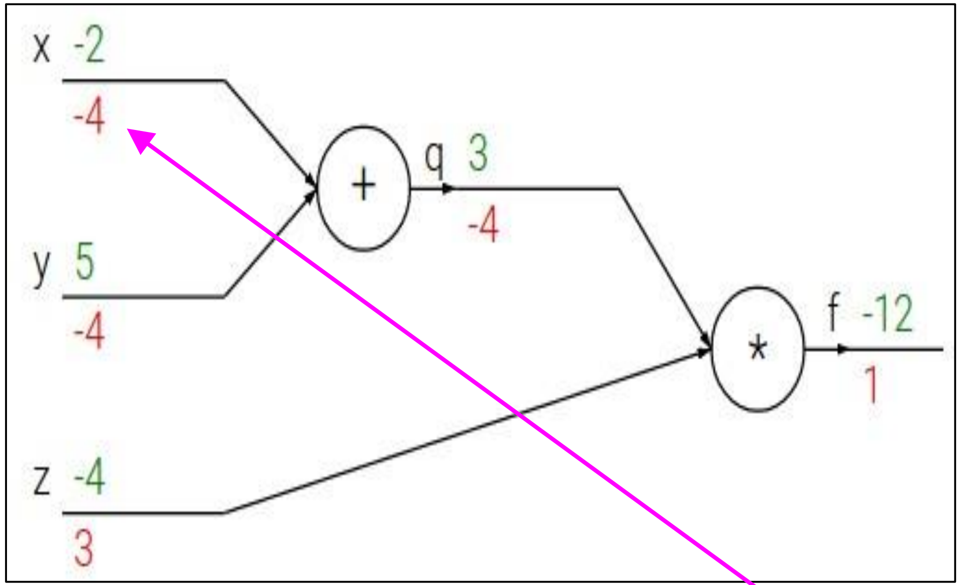
Seja $f(x, y, z) = (x + y) \times z$

Por exemplo: x = -2, y = 5, z = -4

$$q = x + y \qquad \frac{\partial q}{\partial x} = 1, \frac{\partial q}{\partial y} = 1$$

$$f = qz \qquad \frac{\partial f}{\partial q} = z, \frac{\partial f}{\partial z} = q$$

Deseja-se: $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$

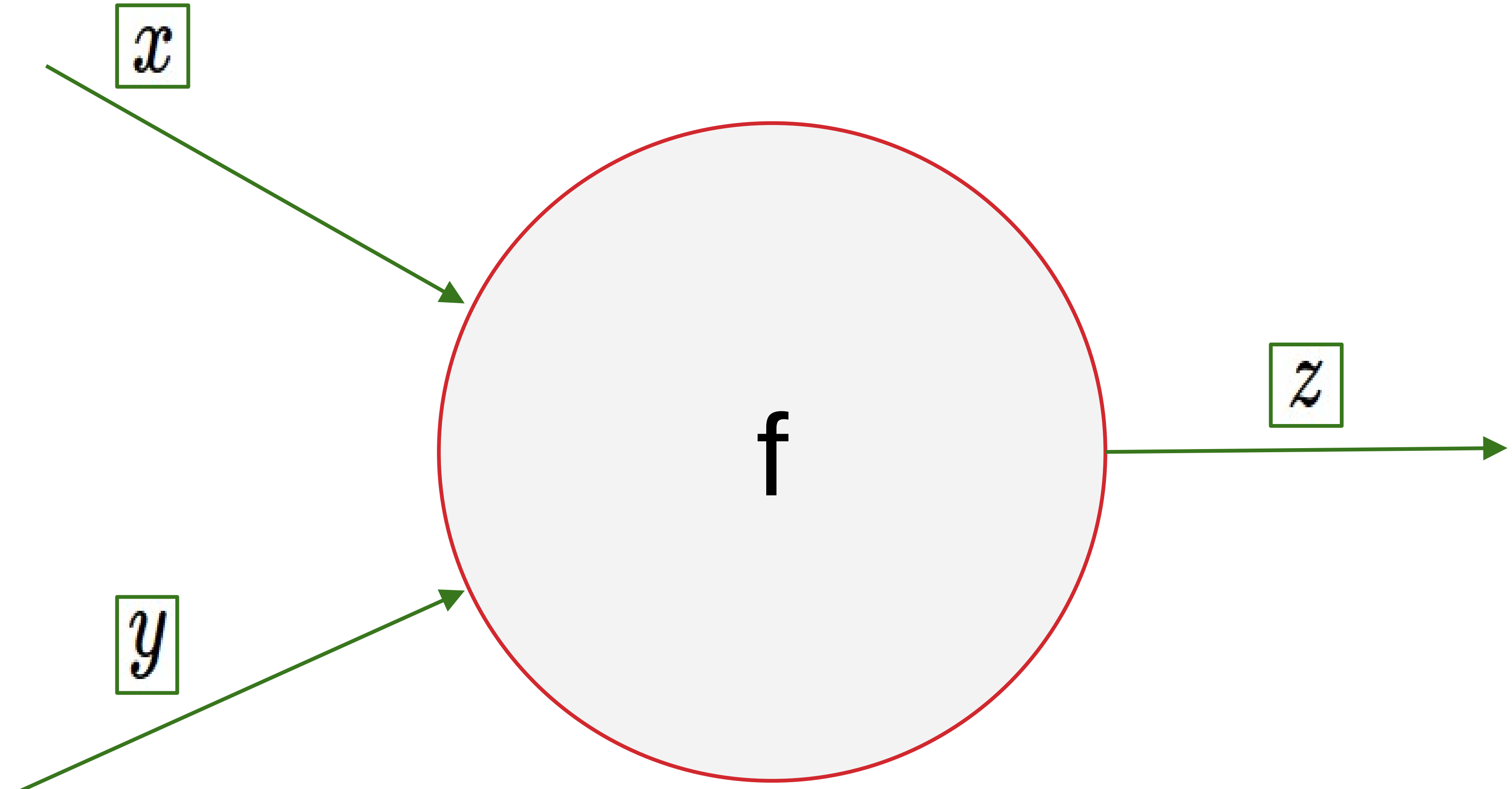


$\frac{\partial f}{\partial x}$

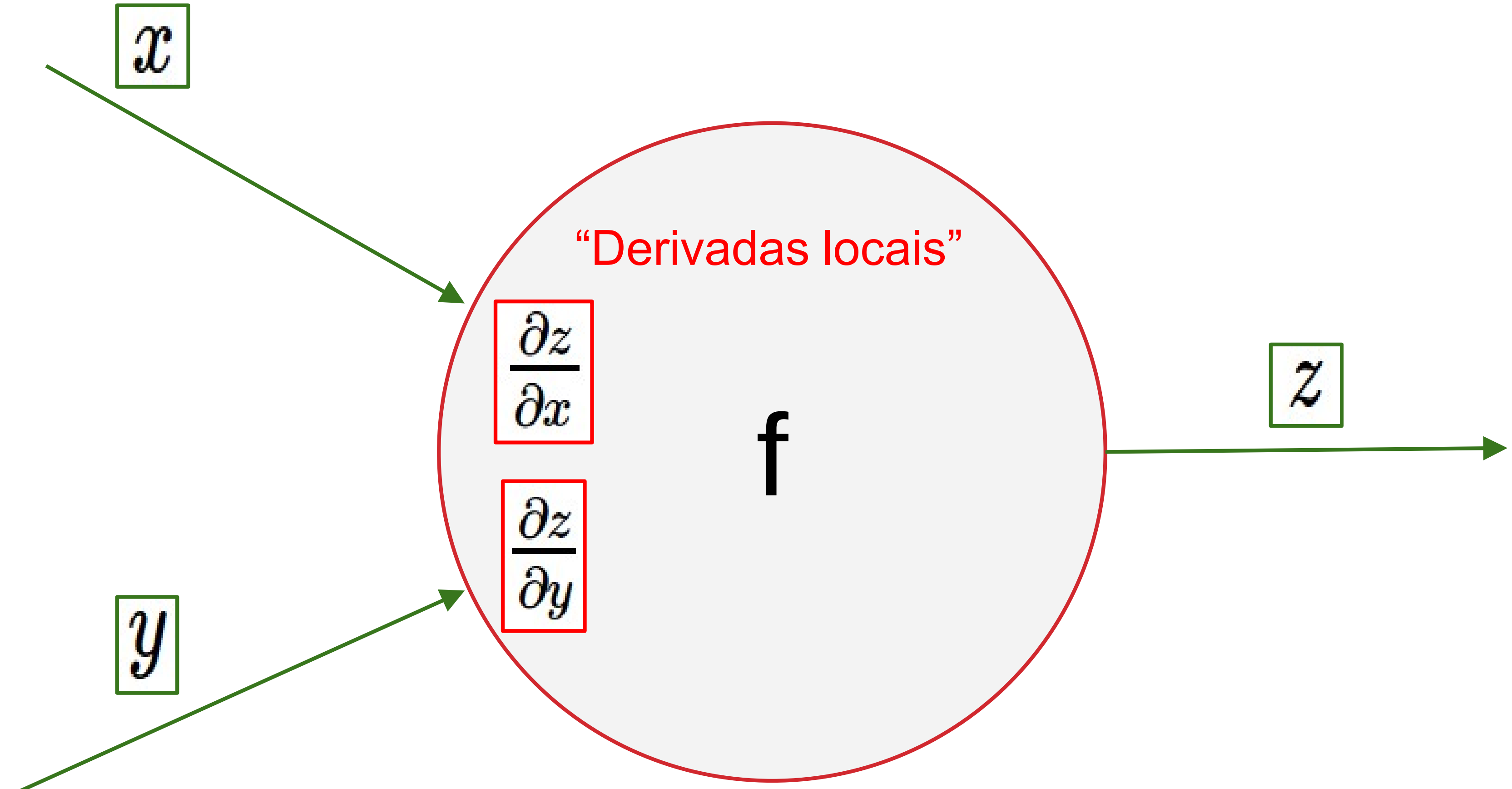
Regra da Cadeia:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial q} \frac{\partial q}{\partial x}$$

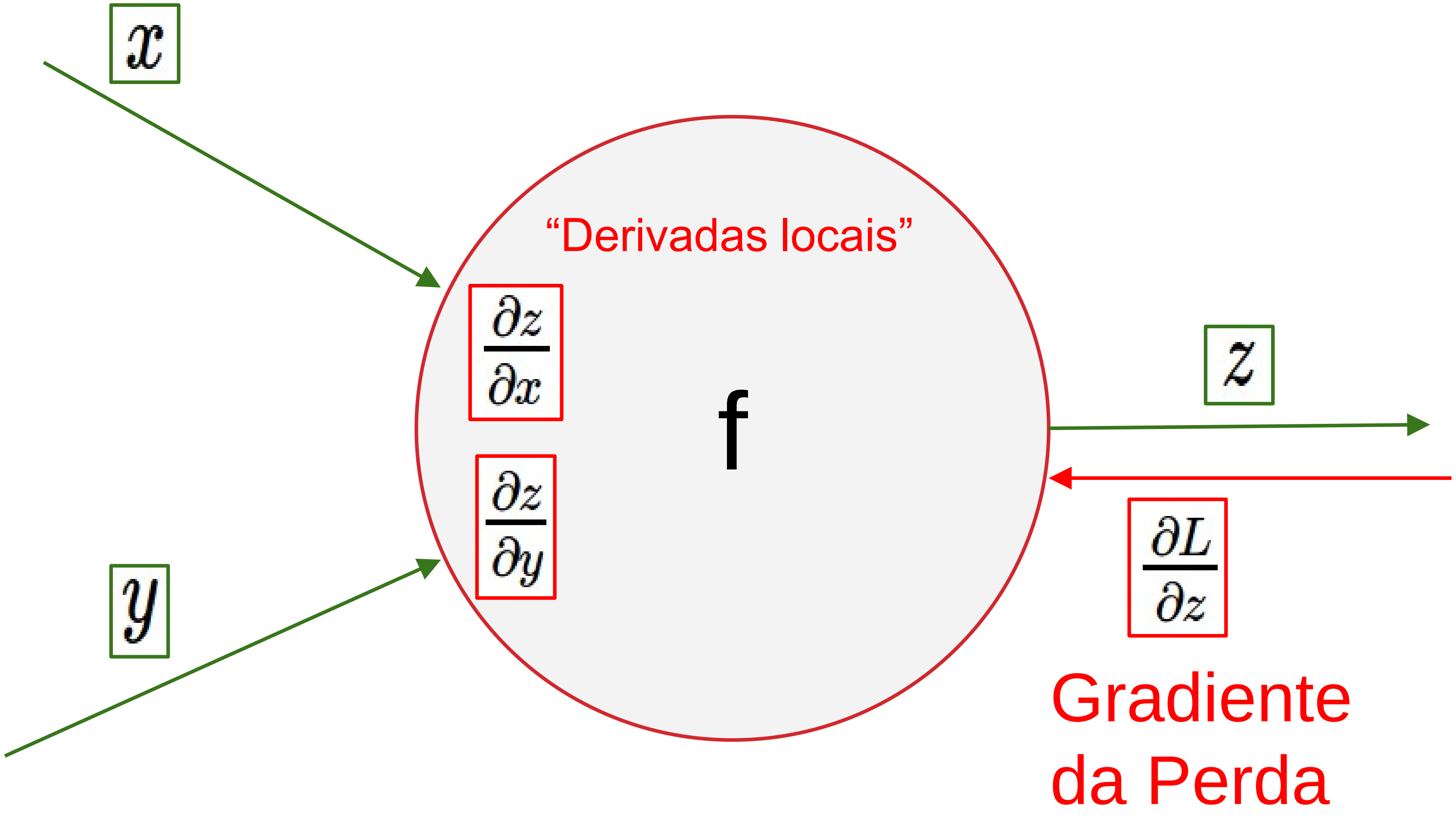
Passo Retrógrado (*Backward Pass*)



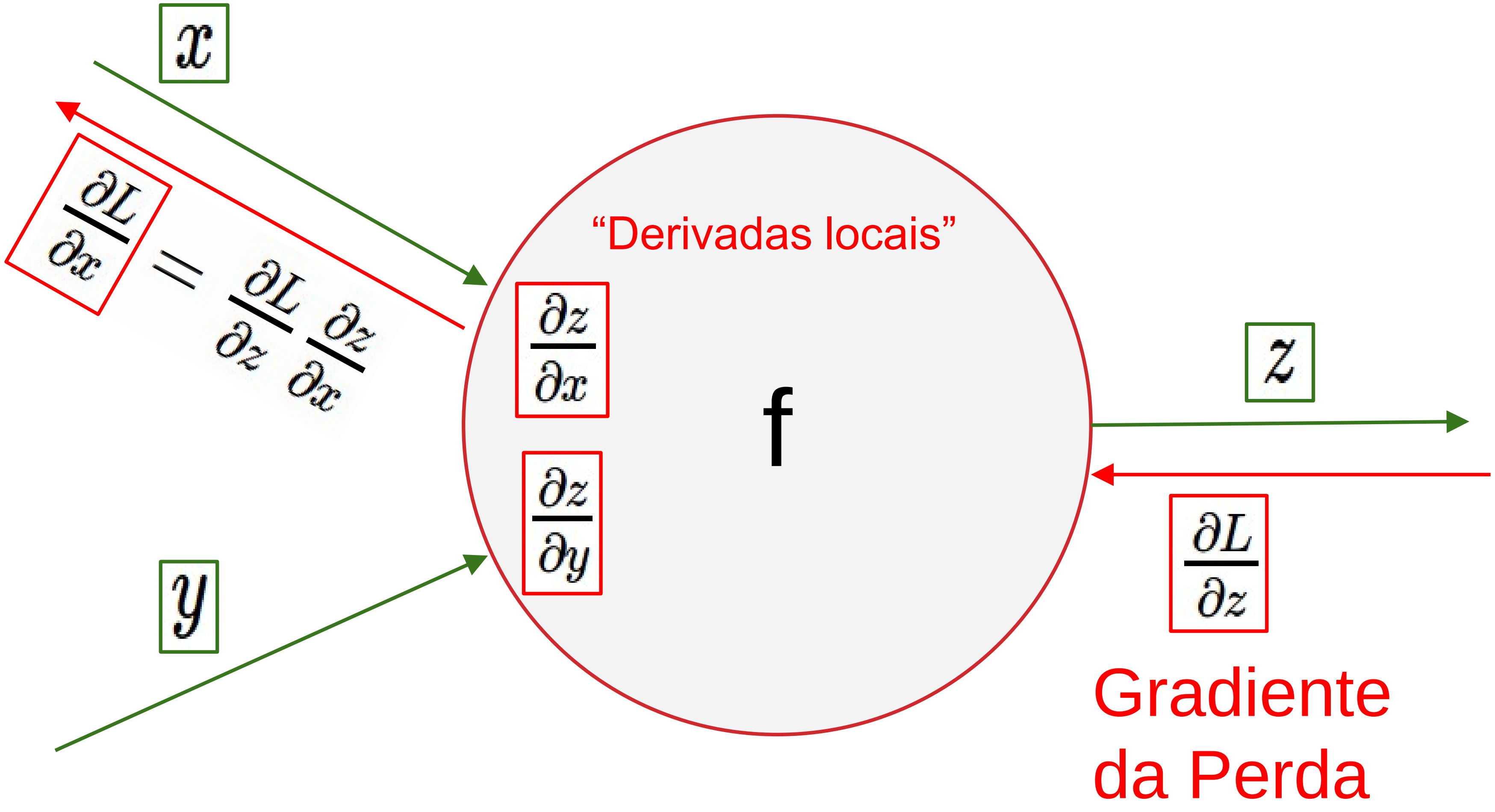
Passo Retrógrado (*Backward Pass*)



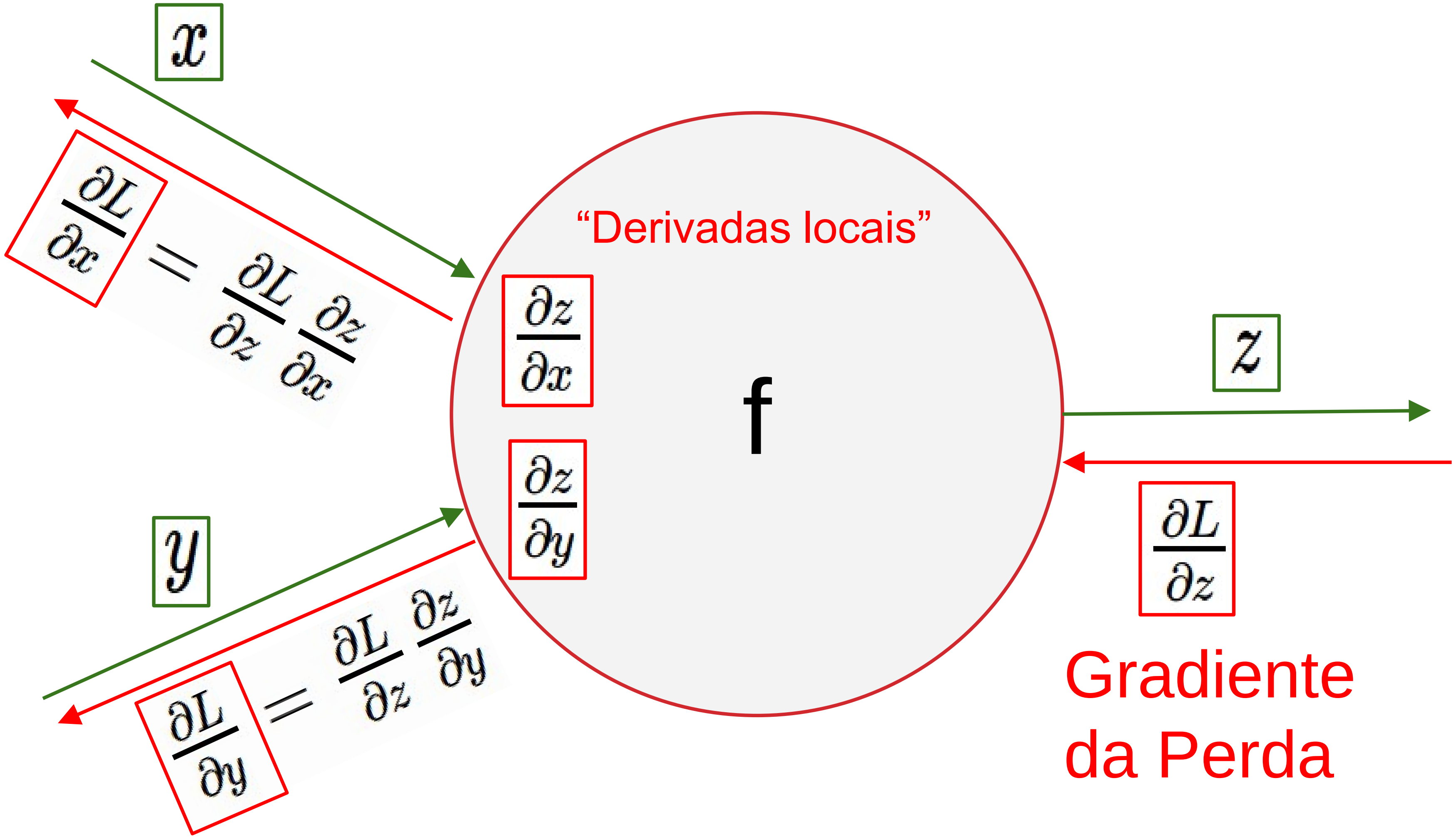
Passo Retrógrado (*Backward Pass*)



Passo Retrógrado (*Backward Pass*)



Passo Retrógrado (*Backward Pass*)



Passo Retrógrado (*Backward Pass*)