

# Aplicação de métodos de controle baseado em dados em conversores CC-CC boost

Alex Treviso<sup>1</sup>, Alexandre S. Bazanella<sup>1</sup>

[alex.treviso@ufrgs.br](mailto:alex.treviso@ufrgs.br)

<sup>1</sup> Departamento de Sistemas Elétricos de Automação e Energia, UFRGS, Porto Alegre, Brasil

## Introdução

### Conversor CC-CC boost

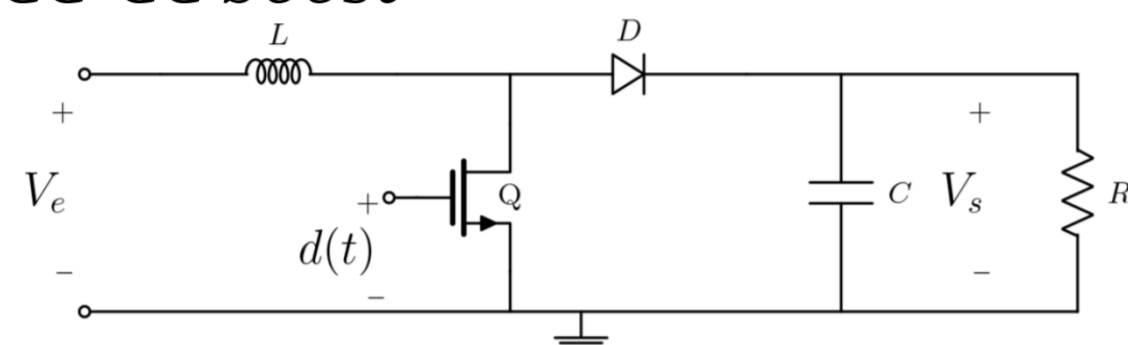


Figura 1: Topologia do conversor boost.

- Operação de elevação de tensão, fornecendo uma tensão de saída com valor médio maior do que a de entrada.
- Em geral, é fundamental que a tensão de saída seja constante, imune às variações de carga e da tensão de entrada. Esse objetivo é atingido com controle em malha fechada, sendo a entrada do conversor  $u(k)$  o ciclo de trabalho aplicado ao *gate* do MOSFET e a saída de interesse  $v(k)$  a tensão sobre a carga.
- O modelo em pequenos sinais do conversor *boost*, abordagem bastante utilizada, apresenta dinâmica de fase não-mínima, sendo um complicador para o projeto do controlador.

### Controle em malha fechada

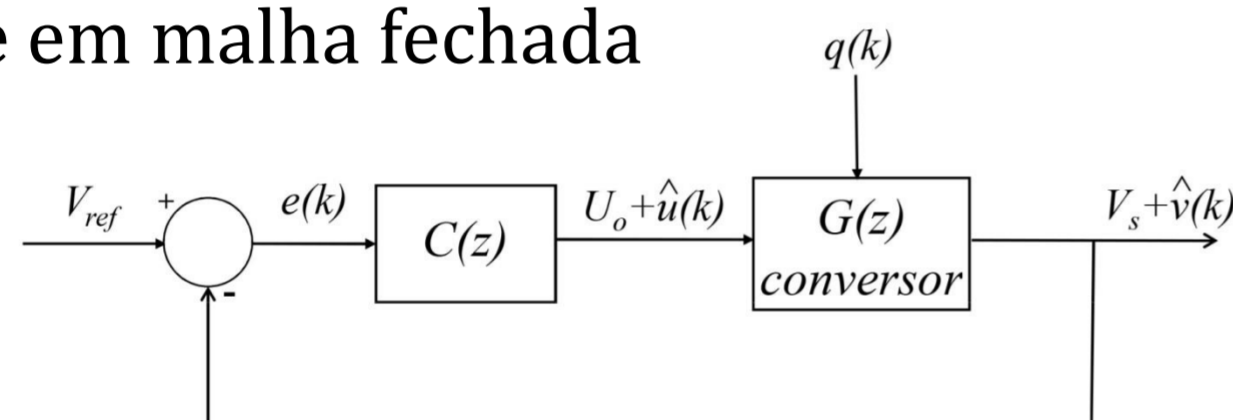


Figura 2: Controle em malha fechada do conversor CC-CC boost.

- Apresenta realimentação da saída para a entrada, sendo o sinal da saída comparado com um sinal de referência e o desvio entre ambos utilizado para determinar o sinal de controle que deve efetivamente ser aplicado ao processo com objetivo de garantir o seguimento de referência e assegurar erro nulo em regime permanente.

## Controle *data-driven*

- Não necessita de um modelo  $G(z)$  do processo para sintonia do controlador.
- Na grande maioria das abordagens o desempenho em malha fechada é dado por um *modelo de referência*  $T_d(z)$ .

### VRFT

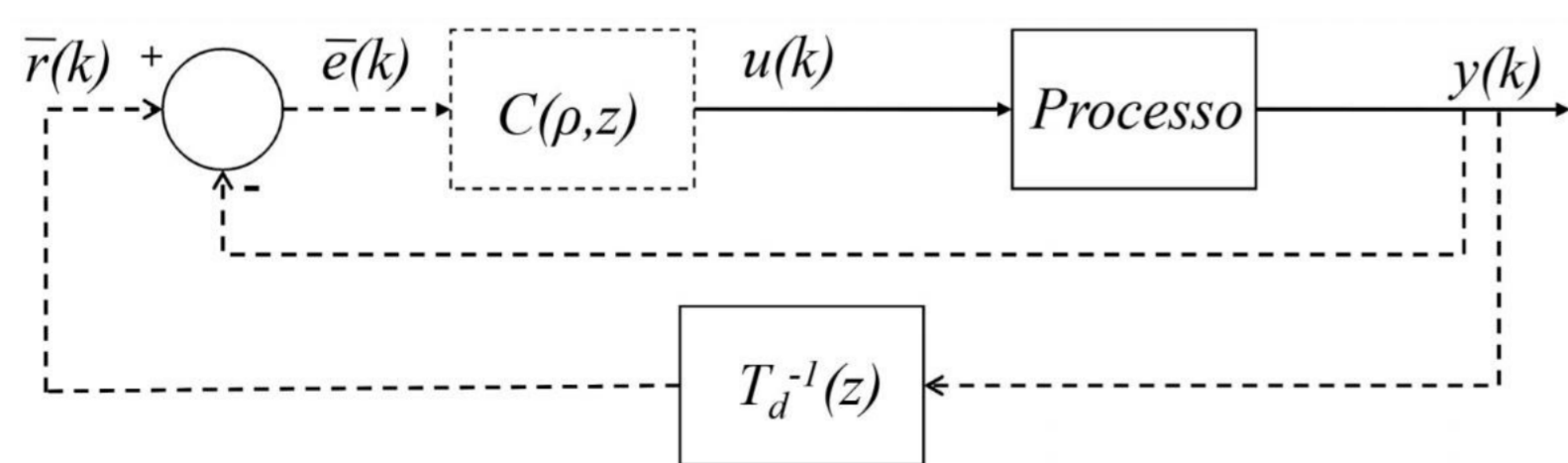


Figura 3: Diagrama de blocos da malha fechada do sistema e os sinais virtuais.

- Necessita de apenas um conjunto de dados de entrada/saída. Com os sinais  $u(k)$  e  $\bar{e}(k)$  são identificados os parâmetros  $\rho$  do controlador  $C(\rho, z)$  que aproximam o comportamento do sistema ao desejado.

$$C(\rho, z) = \rho^T \bar{C}(z) = [K_p \ K_d \ K_i] \begin{bmatrix} 1 \\ z \\ z-1 \\ z-1 \\ z \end{bmatrix}$$

### VRFT Flexível

- Adaptação do método VRFT para processos com zeros de fase não-mínima, onde o numerador do *modelo de referência* é deixado livre e identificado juntamente com os parâmetros do controlador através de um processo iterativo, mas ainda utilizando apenas um conjunto de dados.

$$T_d(\eta, z) = \eta^T F(z)$$

$$C(\rho, z) = \rho^T \bar{C}(z)$$

## Resultados

Foram testados e simulados dois modelos de referência para sintonia dos controladores, de modo que o tempo de acomodação fosse menor do que em malha aberta.

$$T_{dVRFT}(z) = \frac{1,54 \cdot 10^{-2}}{(z - 0,973)(z - 0,435)}$$

$$T_{dFLEX}(\beta, z) = K \frac{z + \beta_0}{(z - 0,973)(z - 0,435)}$$

Nas simulações o método que se apresentou mais adequado para sintonia do controlador foi o VRFT Flexível, sendo o mesmo escolhido para implementação.

Método	Controlador			Zero Identificado
	$K_p(10^{-2}\%)$	$K_i(10^{-3}\%)$	$K_d(10^{-1}\%)$	
VRFT Flexível	1,137	2,594	2,899	$z = 1,185$

Tabela 1: Parâmetros do controlador obtido pelo método VRFT Flexível e tempo de acomodação 1,25 vezes menor do que em malha aberta

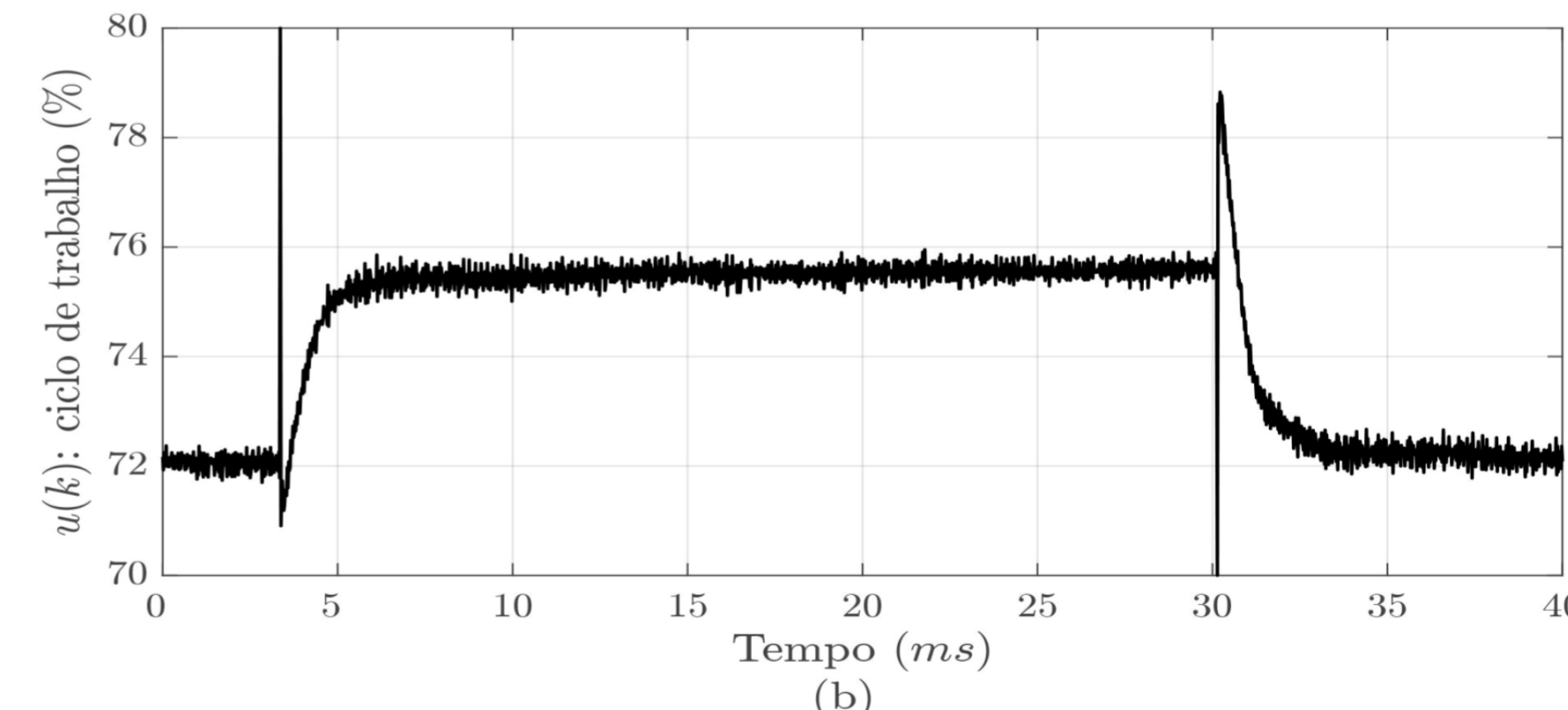
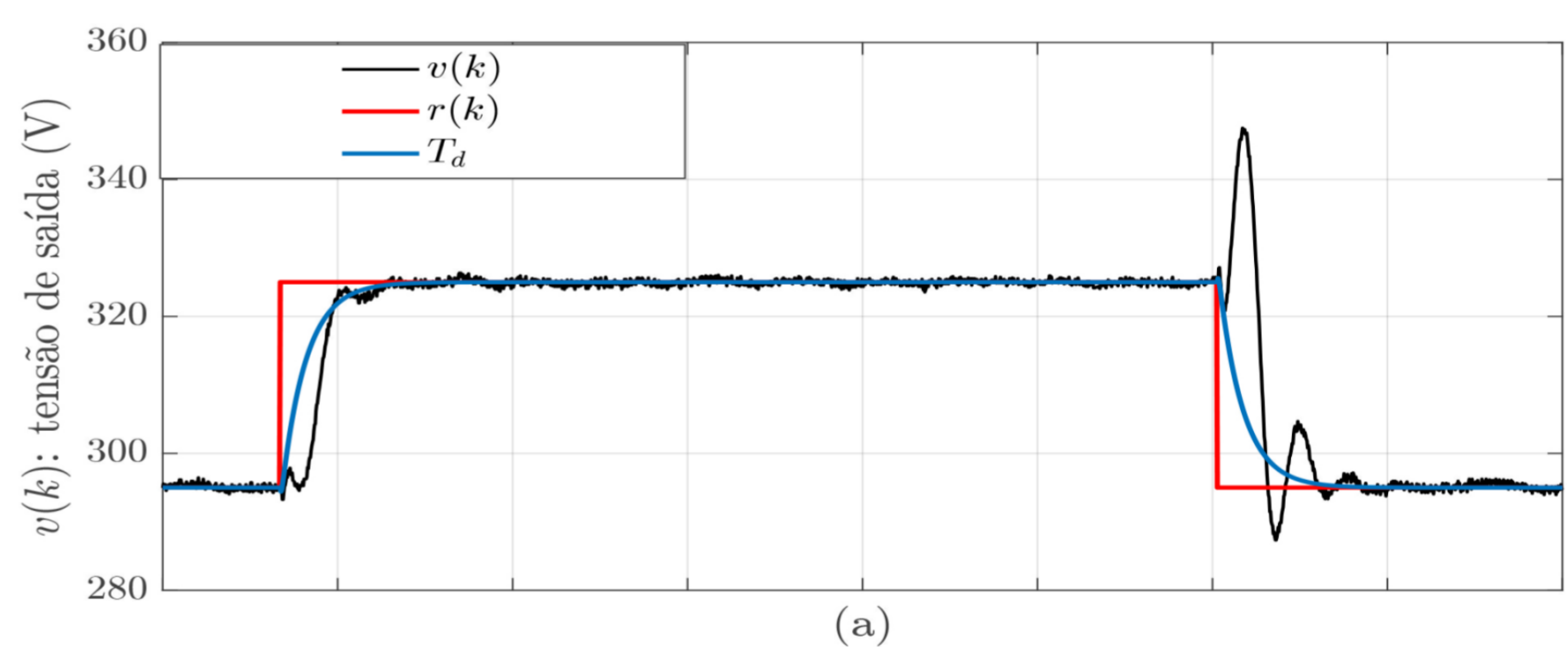


Figura 4: Ensaio experimental de seguimento de referência para o conversor com carga nominal e controlador obtido: tensão de saída  $v(k)$ , referência  $r(k)$ , resposta ao salto da  $T_d(z)$  e sinal de controle  $u(k)$ .

## Conclusões

- A partir de simulações, o método VRFT Flexível apresentou-se mais adequado para sintonia dos controladores, sendo portanto o método aplicado ao conversor real.
- Na parte experimental o controlador foi testado em ensaios de seguimento de referência e rejeição de perturbações. O sistema apresentou características desejadas para um degrau aditivo de referência, mas não atingindo as mesmas para um degrau subtrativo devido a possíveis problemas de saturação do sinal de controle. Apesar de não mostrado, o controlador projetado conseguiu rejeitar a perturbação da carga com uma resposta próxima ao resultado que havia sido obtido em simulação.

## Agradecimentos

CNPq, CAPES.