

## I. INTRODUÇÃO

As novas condições operacionais sugeridas no ambiente das redes inteligentes (*Smart Grid*) apontam o intercâmbio de informações entre as áreas do sistema elétrico de potência, fazendo com que seja indispensável digitalizar, transmitir e armazenar as informações coletadas pelos equipamentos que o monitoram continuamente.

Nesse sentido, prevê-se o **tráfego de dados** pelos canais de comunicação, levando em consideração que as tecnologias de supervisão fornecem cada vez mais informação. Para atender simultaneamente exigências como espaço em memória e tempo de alocação de canal de comunicação, são incorporadas **técnicas de compressão de dados** focadas, principalmente, na compressão de dados para **sinais de distúrbios elétricos** derivados da operação das redes elétricas.

## II. TÉCNICA PROPOSTA

Neste trabalho é proposta uma abordagem híbrida que se inicia com a aplicação da transformada *wavelet* discreta (TWD) sobre cada segmento do sinal. O espectro do domínio das *wavelets* é submetido ao ajuste da sua faixa dinâmica e a uma nova segmentação em sub-bandas uniformes, a fim de especificar o comprimento da palavra digital necessário para representar em ponto fixo os coeficientes da sub-banda.

Como resultado é construído um vetor de alocação de bits que serve como padrão de entrada para os mapas auto-organizáveis de Kohonen (SOM), que por sua vez executam a alocação dinâmica de bits, pois aprendem os padrões espectrais dos fenômenos estudados e especificam a quantidade de bits necessária para a quantização dos coeficientes transformados em cada sub-banda.

## Codificador e Decodificador

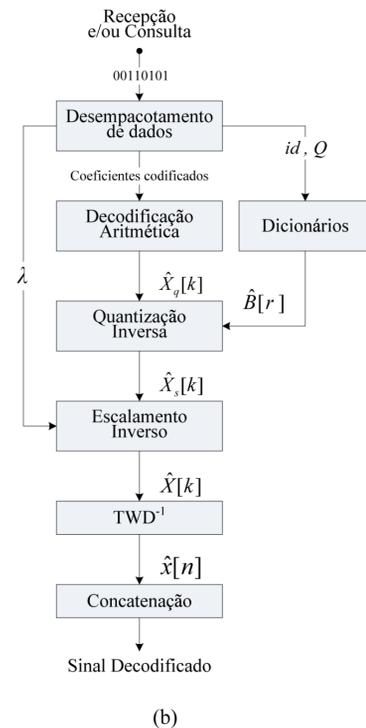
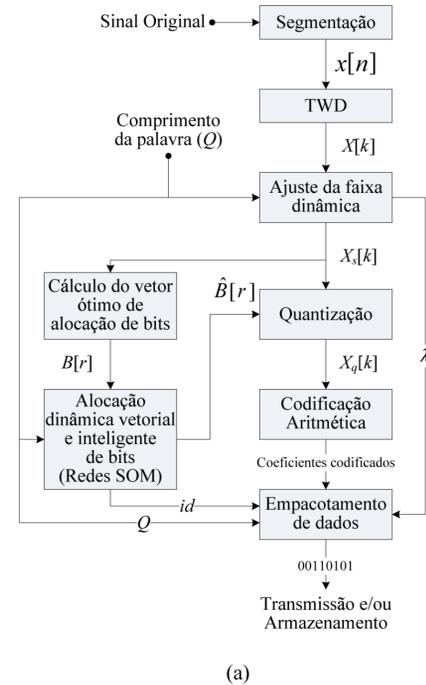


Fig. 1. Diagrama de blocos do algoritmo proposto: (a) Codificador. (b) Decodificador.

## Alocação inteligente de bits — Redes SOM

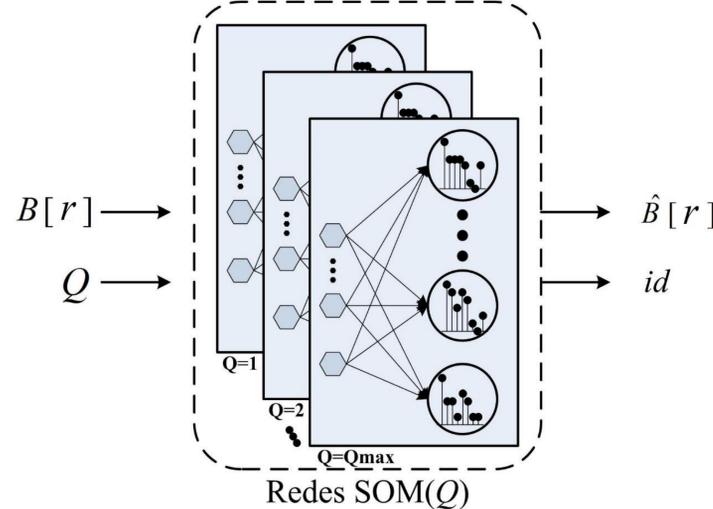


Fig. 2. Exemplo ilustrativo da operação da rede SOM.

## III. BANCO DE SINAIS

Na avaliação do desempenho do algoritmo e no treinamento da rede neural utilizaram-se sinais reais de distúrbios disponíveis no DOE/EPRI National Database Repository of Power System Events [26].

## IV. RESULTADOS

A Figura 3 mostra as formas de onda dos eventos na tensão antes e depois da compressão.

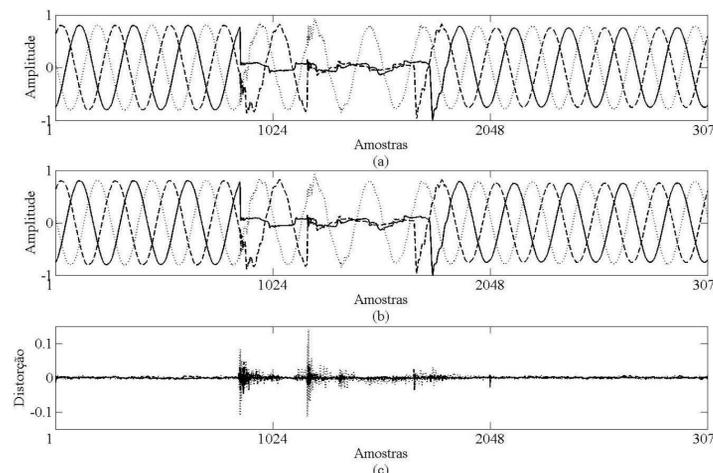


Fig. 3. Sinal trifásico de distúrbio de tensão: (a) original; (b) reconstruído; (c) distorção, neste caso ampliada 50 vezes.

Crerios de avaliação objetivos: ganho de compressão (GC) e relação sinal ruído (SNR).

$$GC = \frac{O_s}{C_s} \quad SNR[\text{dB}] = 10 \log_{10} \left[ \frac{\sum_{n=0}^{N-1} x^2[n]}{\sum_{n=0}^{N-1} (x[n] - \hat{x}[n])^2} \right]$$

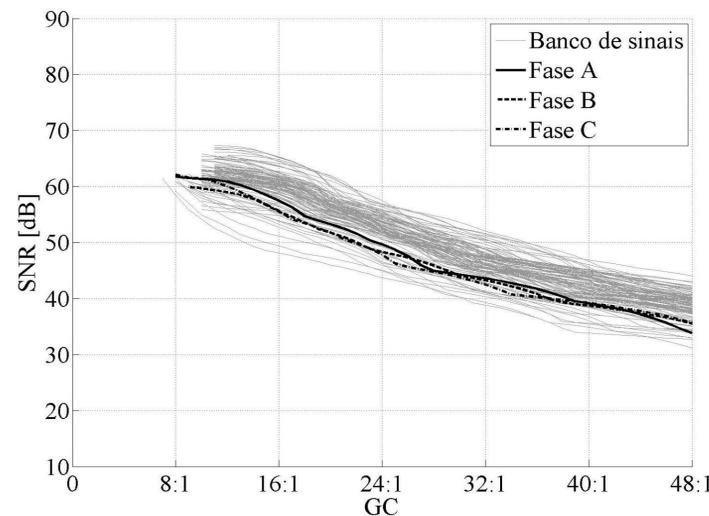


Fig. 4. Curvas de desempenho para os sinais de tensão.

## V. DISCUSSÃO

Os resultados apresentados evidenciam que a alocação dinâmica vetorial e inteligente de bits associada à codificação de entropia eficiente pode ser muito vantajosa na compressão de sinais de distúrbios na faixa útil de operação.

Adicionalmente, pode ser verificado que a técnica de compressão apresentou bom desempenho quando os sinais apresentaram mudanças bruscas de comportamento, o que em termos do domínio da transformada se traduz em uma maior atividade na faixa dinâmica do espectro causada pela variação da energia do sinal.

Consideradas as condições de digitalização dos sinais e o grau de distorção na forma de onda, observou-se que o desempenho da técnica para a maioria dos casos presentes no banco de dados, mostra que ganhos de compressão altos são ainda obtidos com uma relação sinal-ruído alta ( $SNR > 40 \text{ dB}$ ,  $GC < 32$ ).

## V. CONCLUSÕES

Neste trabalho, apresentou-se uma técnica híbrida de **compressão** para formas de onda de distúrbios que focou-se basicamente na **alocação dinâmica de bits** no domínio da transformada.

O processo de alocação de bits foi concebido de forma a se adaptar aos padrões espectrais encontrados nos sinais típicos de **distúrbios** que afetam os sistemas **elétricos de potência**.

Os resultados de simulação da técnica indicam um **bom desempenho** com respeito às medidas objetivas.

## Referências

- [1] Bose, 2010, *IEEE Tr Smart Grid*, 1:1, 11–19.
- [2] Russell & Benner, 2010, *IEEE Tr Smart Grid*, 1:1, 48–56.
- [3] Silva *et al.*, 2007, *SBA Ctrl & Autom*, 18:2, 163–172.
- [4] Nascimento, 1997, *IEEE ISIE'97*.
- [5] Wikinson, 1996, *IEEE Tr Pwr Syst*, 11:4, 2038–2044.
- [6] Santoso *et al.*, 1997, *IEEE Tr Pwr Div*, 12:3, 1250–1257.
- [7] Hsieh *et al.*, 1998, *Elctr Pwr Syst Rsrch*, v47, 79–86.
- [8] Littler & Morrow, 1999, *IEEE Tr Pwr Div*, 14:2, 358–364.
- [9] Hamid & Kawasaki, 2002, *IEEE Tr Pwr Div*, 17:2, 460–466.
- [10] Panda *et al.*, 2002, *IEEE Tr Pwr DI*, 17:2, 662–667.
- [11] Dash *et al.*, 2003, *IEEE Tr Pwr DI*, 18:2, 595–600.
- [12] Meher *et al.*, 2004, *Elctr Pwr Syst Rsrch*, v69, 213–220.
- [13] Gerek *et al.*, 2004, *IEEE Tr Pwr DI*, 19:2, 791–798.
- [14] Gerek & Ece, 2007, *Elctr Pwr Syst Rsrch*, v78, 1047–1052.
- [15] Ning *et al.*, 2011, *IEEE Tr Smart Grid*, 2:1, 212–218.
- [16] Ribeiro *et al.*, 2004, *IEEE Tr Pwr DI*, 19:2, 464–471.
- [17] Ribeiro *et al.*, 2007, *IEEE Tr Pwr DI*, 22:1, 27–36.
- [18] Zhang *et al.*, 2011, *IEEE Tr Instr'n Meas*, 6:6, 1976–1985.
- [19] Tcheou *et al.*, 2007, *IEEE Sig Proc Let*, 14:2, 81–84.
- [20] Hsieh & Huang, 2003, *IEE Proc Gen, Transm & Distr*.
- [21] Huang & Jou, 2004, *IEEE Tr Pwr Syst*, 19:3, 1334–1341.
- [22] Lorio & Magnago, 2004, *Pwr Eng Soc Gen Meet*.
- [23] Ibrahim & Morcos, 2005, *IEEE Tr Pwr DI*, 20:3, 2136–2143.
- [24] Kohonen, 1982, *Biol Cyber*, 43, 59–69.
- [25] Rzeszutek *et al.*, 2010, *IEEE Sig Proc Let*, 17:6, 12–31.
- [26] EPRI. DOE/EPRI National Database Repository of Power System Events. 2011. Electric Power Research Institute, Inc. <on line> Em 01/07/2011.