

Estudo de Caso: Impactos em um Inversor de Frequência por VTCDs em uma Indústria Brasileira

Patrick Roberto de Almeida
Engenharia de Aplicação
BREE
Quatro Barras, Brasil
patrick.almeida@bree.com.br

Flávio RESENDE GARCIA
Engenharia de Aplicação
BREE
Quatro Barras, Brasil
flavio@bree.com.br

Luiz FERNANDO SOARES DE SOUZA
Engenharia de Aplicação
BREE
Quatro Barras, Brasil
luiz.souza@bree.com

Ricardo GOMES DA SILVA
Engenharia de Aplicação
BREE
Quatro Barras, Brasil
ricardo.silva@bree.com.br

Abstract—Este artigo apresenta uma avaliação detalhada da influência das Variações de Tensão de Curta Duração (VTCDs) no desempenho de inversores de frequência em um ambiente industrial. Foram realizadas medições de tensão e corrente em barramentos de 138 kV e 6,6 kV, com o objetivo de identificar os principais eventos causadores de desligamentos e avaliar os níveis de sensibilidade das cargas conectadas. O estudo identificou que 90% das VTCDs registradas foram Afundamentos Momentâneos de Tensão (AMT), destacando a vulnerabilidade de inversores de frequência a essas variações. Com base nos critérios do PRODIST – Módulo 8, foi calculado o Fator de Impacto (FI), cujos resultados apontam para a necessidade de estratégias de mitigação específicas para minimizar perdas técnicas e financeiras decorrentes desses eventos. O artigo conclui com recomendações práticas para a melhoria da confiabilidade dos sistemas elétricos industriais.

Keywords—Qualidade da Energia Elétrica; VTCD; Inversores de Frequência; Afundamentos de Tensão.

I. INTRODUÇÃO

As variações de tensão de curta duração (VTCDs) destacam-se como os mais significantes distúrbios da Qualidade da Energia Elétrica que se manifestam nas redes elétricas. As VTCDs consistem numa variação no valor eficaz da tensão por um curto período de tempo (inferior a 3 minutos), causada por curtos-circuitos, sobrecargas, energização de transformadores de grande porte, chaveamento de linhas de transmissão ou partidas de grandes motores.

Este estudo explora as causas e os impactos das VTCDs, com foco na análise de inversores de frequência, buscando fornecer subsídios técnicos para a mitigação desses efeitos e a melhoria da qualidade da energia em sistemas elétricos industriais.

II. PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DE VTCDs

A. Classificação Normativa

Um parâmetro relevante para determinar os impactos das VTCDs em um sistema é a frequência de ocorrência, que corresponde à quantidade de vezes que cada combinação dos parâmetros duração e amplitude ocorrem em determinado período ao longo do qual um barramento tenha sido monitorado (um mês, um ano etc.). Segundo o Módulo 8 do PRODIST, as variações de curta duração são classificadas de acordo com a Tabela I.

Tabela I – Classificação das VTCDs

Classificação	Denominação	Duração da Variação	Amplitude da Tensão (RMS) frente à tensão de referência
Variação Momentânea de Tensão	IMT	≤ 3 segundos	< 0,1 pu
	AMT	≥ 1 ciclo e ≤ 3 segundos	≥ 0,1 pu e < 0,9 pu
	EMT	≥ 1 ciclo e ≤ 3 segundos	> 1,1 pu
Variação Temporária de Tensão	IMT	≥ 3 segundos e ≤ 3 minutos	< 0,1 pu
	AMT	≥ 3 segundos e ≤ 3 minutos	≥ 0,1 pu e < 0,9 pu
	EMT	≥ 3 segundos e ≤ 3 minutos	> 1,1 pu

FONTE: Adaptado de [1].

B. Origens das VTCDs

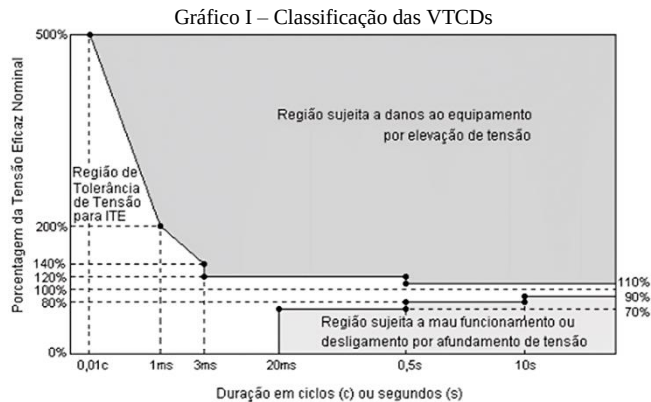
VTCDs possuem origens tanto dentro das instalações industriais quanto externamente à rede. Em casos de origem internas, a operação natural de máquinas de soldas, partidas de motores ou mesmo sobrecargas momentâneas do sistema elétrico interno podem gerar tais eventos. São citados, as principais origens dos problemas de VTCD:

- Curtos-circuitos a rede elétrica causados por vegetação, animais ou eventos meteorológicos;
- Atuação de religadores de alimentadores de distribuição;
- Chaveamento de cargas ou transformadores a vazio;
- Partida de grandes motores;
- Fornos a arco;
- Máquinas de solda etc.

No que tange aos efeitos elétricos, estes são percebidos majoritariamente por cargas eletrônicas industriais, tais como sistemas de controle de velocidade de motores (Inversores de frequência), sistemas de automação, computadores, dentre outros equipamentos que são sensíveis à tensão de alimentação. A ocorrência, especialmente de afundamentos de tensão pode ocasionar o desligamento ou perda de programação destes equipamentos e, como consequência, ocorrerá a interrupção de processos.

C. Curva ITIC/CBEMA

A curva ITIC/CBEMA (Gráfico I), publicada pela associação *Information Technology Industry Council*, é referência para verificação do nível de vulnerabilidade de equipamentos comparando-se a curva de sensibilidade do equipamento com a curva das variações permitidas ou observadas durante um determinado intervalo de tempo.



FONTE: Adaptado de [2].

De acordo com [1], o registro e a quantificação dos eventos de variação de tensão de curta duração, em termos de duração e amplitude, devem ser feitos conforme mostrado na Tabela II. Visando correlacionar a importância de cada evento de VTCD com os níveis de sensibilidade das diferenças cargas conectadas aos sistemas de distribuição, em média e alta tensão, a Tabela II apresenta a estratificação das VTCDs em 9 regiões de sensibilidade.

Tabela II – Estratificação das VTCDs com base nos Níveis de Sensibilidade de Diversas Cargas

Amplitude (pu)	[16,67 ms - 100 ms]	[100 ms - 300 ms]	[300 ms - 600 ms]	[600 ms - 1 seg]	[1 seg - 3 seg]	[3 seg - 1 min]	[1 min - 3 min]
> 1,15	REGIÃO H			REGIÃO I			
(1,10 - 1,15)							
(0,85 - 0,90)	REGIÃO A						
(0,80 - 0,85)							
(0,70 - 0,80)	REGIÃO B			REGIÃO G			
(0,60 - 0,70)							
(0,50 - 0,60)	REGIÃO C			REGIÃO D			
(0,40 - 0,50)							
(0,30 - 0,40)	REGIÃO E			REGIÃO F			
(0,20 - 0,30)							
(0,10 - 0,20)							
< 0,10							

FONTE: Adaptado de [1].

D. Fator de Impacto

O indicador Fator de Impacto (FI) caracteriza a severidade da incidência de eventos de VTCD e é calculado conforme (1).

$$FI = \frac{\sum_{i=A}^I (f_{ei} \cdot f_{pondi})}{FI_{BASE}} \quad (1)$$

Onde:

- **f_{ei}** : frequência de ocorrência de eventos de VTCD, apuradas por meio de medição apropriada, em um período de 30 dias consecutivos, para cada região de sensibilidade i , sendo $i = A, B, C, D, E, F, G, H$ e I .
- **f_{pondi}** : fator de ponderação para cada região de sensibilidade i , estabelecido de acordo com a relevância do evento, correlacionando sua amplitude e duração.

- **FI_{BASE}** : fator de impacto base, obtido do somatório dos produtos dos fatores de ponderação pelas frequências máximas de ocorrência em um período de 30 (trinta) dias de VTCD para cada região de sensibilidade.

O fator de ponderação (f_{pondi}) e o fator de impacto base (FI_{BASE}) são indicados na tabela abaixo.

Tabela III – Fatores de Ponderação e Fator de Impacto Base de Acordo com a Tensão Nominal

Região de Sensibilidade	Fator de Ponderação (f_{pond})	Fator de Impacto Base (FI_{BASE})	
		$2,3 \text{ kV} \leq V_n < 69 \text{ kV}$	$69 \text{ kV} \leq V_n < 230 \text{ kV}$
A	0,00	2,13	1,42
B	0,04		
C	0,07		
D	0,15		
E	0,25		
F	0,36		
G	0,07		
H	0,02		
I	0,04		

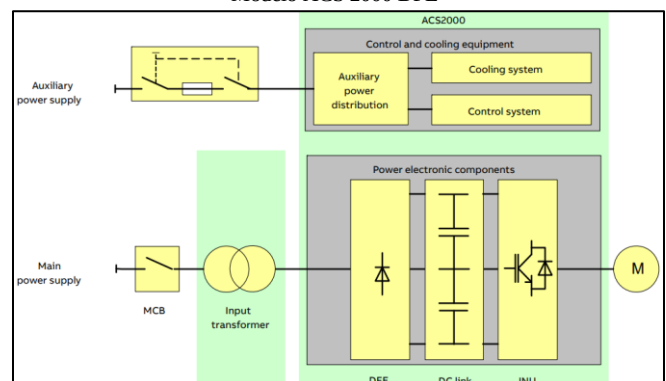
FONTE: Adaptado de [1].

De acordo com [1], o valor de referência do fator de impacto – para o SDMT (Sistema de Distribuição de Média Tensão) e o SDAT (Sistema de Distribuição de Alta Tensão), apurado por medição apropriada no período de 30 dias consecutivos, é de 1,0 pu.

III. INVERSOR DE FREQUÊNCIA

A Figura 1 ilustra a topologia do inversor de frequência.

Figura 1 – Topologia do Inversor de Frequência 33FN400U01 – Modelo ACS 2000 DFE



*Nota: DFE = Diode Front End, AFE = Active Front End, INU = Inverter Unit.
Fonte: Adaptado de [3]

No lado AC/DC do inversor existe uma ponte de diodos não-controlados (DFE). Essa topologia de retificação é bastante sensível a qualquer variação e/ou perturbação no sistema elétrico, tendo em vista que seu bom funcionamento é garantido para um sistema trifásico e equilibrado. Em momentos de *sag/dip*, os diodos podem não conduzir e, consequentemente, o retificador pode se comportar como monofásico ou bifásico e por esse motivo, as correntes nas outras fases podem aumentar.

Já no lado CC/CA, existe uma ponte de IGBTs (INU). Para esse tipo de topologia, existem controles ativos que mitigam/reduzem as variações de tensões de curta duração. Isto posto, este tipo de configuração é menos sensível quando comparado com a ponte de diodos não-controlados.

Os dados elétricos do inversor de frequência em questão estão organizados na Tabela IV.

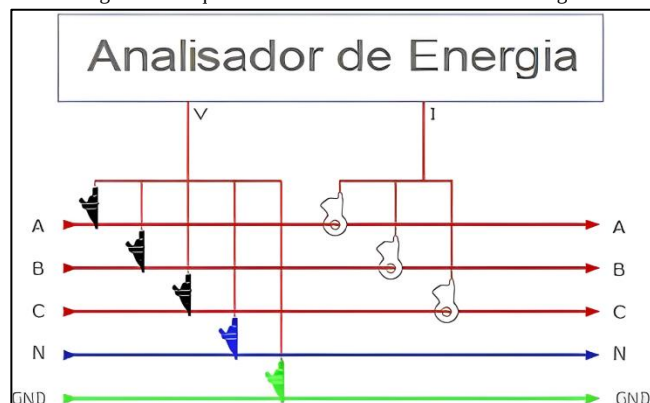
Tabela IV – Dados Elétricos do Inversor de Frequência 331FN400U01

Potência	Tensão Nominal	Frequência	Corrente Nominal
1000 kVA _r	6,6 kV	60 Hz	87,50 A

IV. METODOLOGIA

O serviço de medição de qualidade da energia foi realizado utilizando um analisador de energia que tem como característica a utilização de 05 (cinco) garras de tensão tipo jacaré (3F + N + GND) para medir a tensão e com 03 (três) transdutores/sensores de corrente tipo split-core (3F) para medir a corrente. A Figura 2 abaixo ilustra a metodologia de execução do serviço supracitado.

Figura 2 – Esquema de Conexão do Analisador de Energia



O diagrama unifilar do sistema elétrico medido é apresentado na Figura 3. O aparelho utilizado para fazer medições no 6,6 kV e no 138 kV da planta industrial foi o AIWPEN, marca Sigmasys Engenharia.

Os pontos em amarelo destacados na figura acima mostram que as medições de VTCDs foram realizados na entrada geral da subestação (em 138 kV) e no ramal do inversor 331FN400U01 (em 6,6 kV). As medições foram configuradas com o objetivo de se mensurar as variações de curta duração, e assim, identificarmos os limites violados previstos em [1].

De maneira complementar, as figuras 3 e 4 mostram os analisadores de energia elétrica conectados no sistema elétrico da indústria, durante os dias 21/02/24 a 25/04/24, sendo que foi mensurado os seguintes pontos:

- Entrada Geral de 138 kV;
- Inversor de Frequência 331FN400U01 de 6,6 kV.

Figura 3 – Diagrama Unifilar Resumido

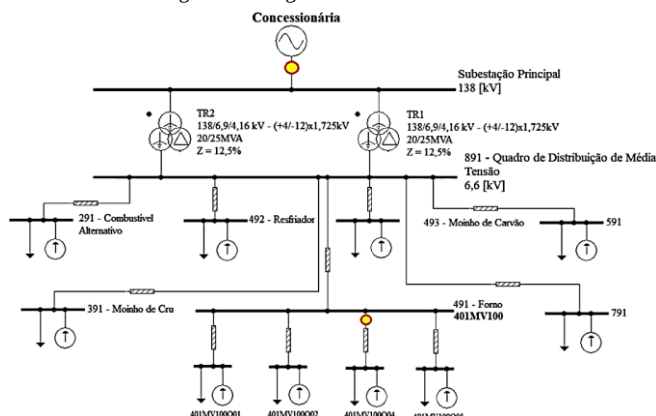


Figura 4 – Esquema de Conexão do Analisador de Energia



Na Figura 4, a imagem superior e a inferior esquerda mostram os medidores de energia instalados na indústria, enquanto que a imagem inferior direita exibe os clampes de tensão e de corrente dos mesmos.

V. RESULTADOS

As medições foram realizadas na entrada geral da subestação (em 138 kV) e no ramal 401MV100Q04 do inversor 401MV100 (em 6,6 kV), por aproximadamente 60 dias. Neste presente artigo, as análises serão realizadas nos eventos que ocasionaram em desligamento do drive, de acordo com a Tabela V. Cumpre ressaltar na prática foram registrados 12 eventos de VTCD no total, mas apenas 03 eventos serão aqui analisados.

Tabela V – Registros de desligamento de cargas na indústria

Nº do evento	Data	Horário	Drive que parou	Motivo aparente
01	27/02/2024	20h17	ABB – ACS 2000	Oscilação de Tensão
03	05/04/2024	00h24	ABB – ACS 2000	Oscilação de Tensão

Em campo foi observado que os desligamentos do inversor de frequência 331FN400U01 indicam em um log conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Registro Fotográfico do Inversor de Frequência 331FN400U01.



Analisando o documento de referência do inversor de frequência [4], observa-se que o descritivo de número 64 “Ridethrough” indica que atuou uma proteção de rampa de subida que, por sua vez, depende da corrente elétrica nas fases, conforme ilustra as imagens a seguir. Em outras palavras, um fenômeno de VTCD ocasionou em um aumento de corrente nas fases do inversor de frequência que resultou na atuação de proteção de corrente do inversor de frequência.

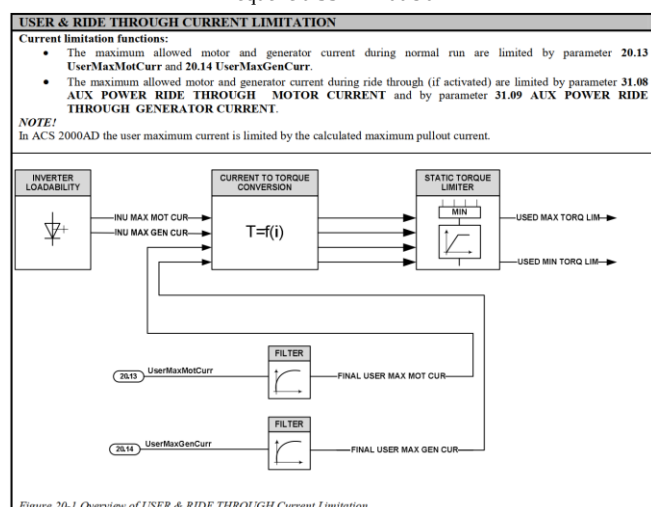
As figuras Figura 6 e Figura 7 apresentam com detalhes o significado da falha de número 64 identificado pelo inversor de frequência.

Figura 6 – Descrição da função de proteção do inversor de frequência 331FN400U01

02 Index	Description:	AUX STATUS WORD 1 (ASW1)
		Drive specific auxiliary status word
1	B0	EXT_RUN_CMD External run command is active
2	B1	OUT_OF_WINDOW Speed actual is outside of the defined window.
4	B2	RAMP_STOP_TO_COAST Process Stop or Emergency Stop by ramp has failed.
8	B3	DC_LINK_CHARGED DC-Link Voltage > parameter 17.05 Discharged Level.
16	B4	INU_OPER_PREVENTED Digital input selected in parameter group 72 prevents INU operation.
32	B5	SYNC_RDY Position counter status: synchronous ready.
64	B6	RIDE_THROUGH Ride through function is active.
128	B7	EARTH_SWITCH_LOCKED Earth switch is locked, operation not possible.
256	B8	MOTOR_RUN_PREVENTED CIP8-DI16 prevents motor run command.
512	B9	LIMITING Some internal limits prevent to achieve set point.
1024	B10	TORQ_CONTROL The drive follows user torque reference.
2048	B11	ZERO_SPEED Motor shaft stopped.
4096	B12	LOAD_SHARE_AT_LIMIT Load share at limit.
8192	B13	DLYD_HIP_TRIP Drive will trip after HIP-delay (144.02).
16384	B14	DLYD_LOP_TRIP Drive will trip after LOP-delay (144.01).
32768	B15	NOT USED

FONTE: Adaptado de [4].

Figura 7 – Descrição detalhada da função de proteção do inversor de frequência 331FN400U01

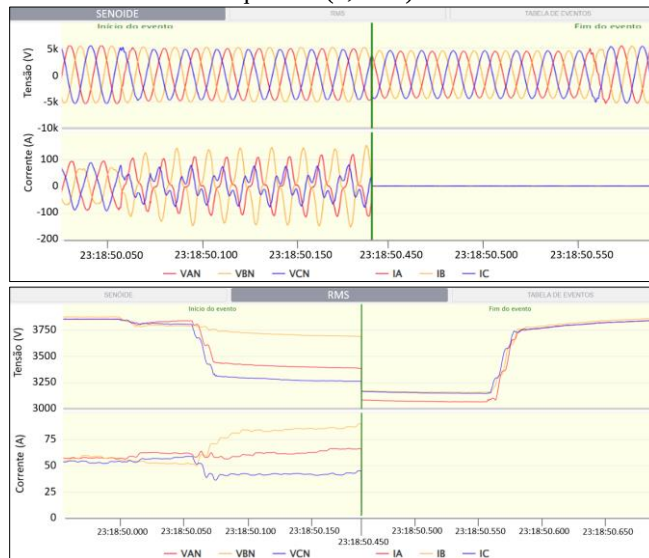


FONTE: Adaptado de [4].

Nos itens de A a C serão feitas as análises técnicas das oscilografias referente a alguns desligamentos detectados (Tabela V) nos dois pontos medidos Figura 3.

A. Evento 01: 27/02/2024 às 20h17

- Inversor de frequência (6,6 kV)



- Entrada Geral (138 kV)

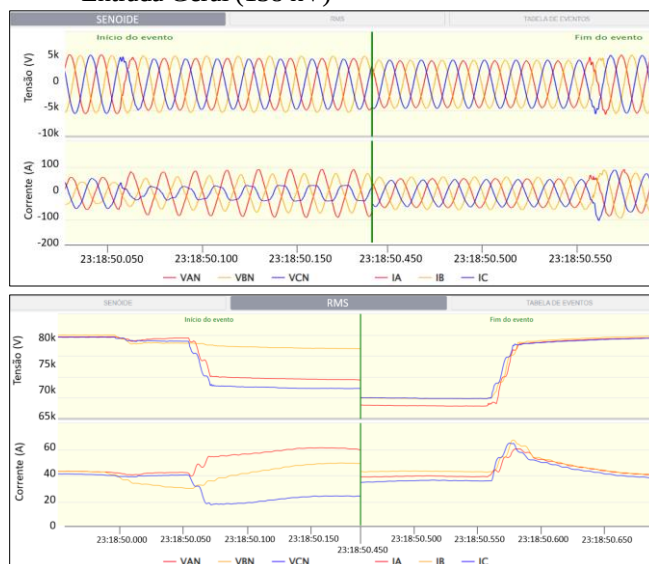


Tabela VI – Resumo do Evento 01 no 6,6 kV

Data	Fase	Tipo	Magnitude	Duração
27/02/2024 – 20:18:49.950	A	AMT	80,50%	0,7392 s
27/02/2024 – 20:18:49.939	C	AMT	82,61%	0,7521 s

Tabela VII – Resumo do Evento 01 no 138 kV

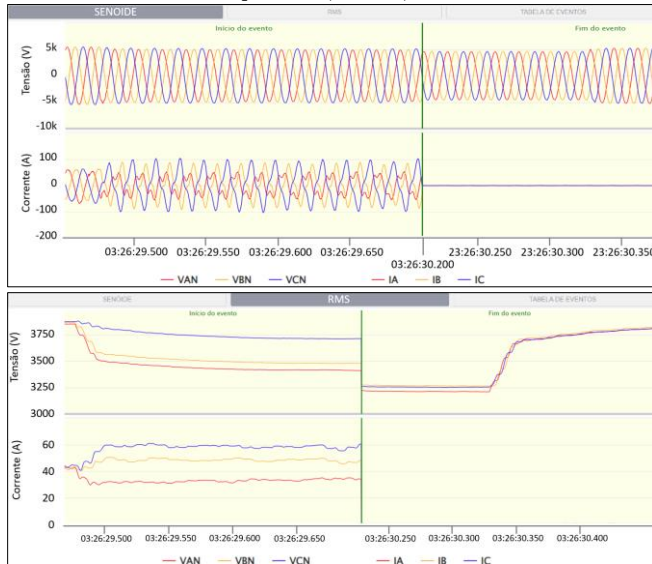
Data	Fase	Tipo	Magnitude	Duração
27/02/2024 – 20:18:49.935	A	AMT	79,07%	0,7526 s
27/02/2024 – 20:18:49.934	C	AMT	81,45%	0,7526 s

Diante das oscilografias e das tabelas VI e VII, observa-se que houve um evento do tipo AMT (Afundamento Momentâneo de Tensão) no 138 kV, que por sua vez, resultou em um afundamento na tensão de 6,6 kV do inversor de frequência.

Conforme explorado no Capítulo III, a ponte retificadora AC/CC, composta por ponte de diodos não-controlados, é bastante sensível a Variações de Tensões de Curta Duração. Os Afundamentos de Tensão detectados nas fases A e C ocasionou em uma possível perda de condução dos diodos que, por sua vez, aumentou a corrente na fase B, sensibilizando a proteção de sobrecorrente e/ou de rampa de subida (nº 64 – Ridethrough).

B. Evento 02: 05/04/2024 às 03h26

- Inversor de frequência (6,6 kV)



- Entrada Geral (138 kV)

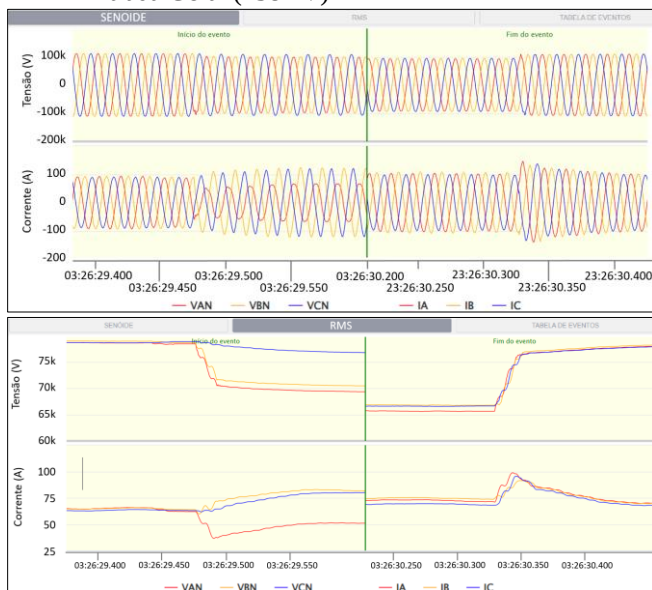


Tabela VIII – Resumo do Evento 06 no 6,6 kV

Data	Fase	Tipo	Magnitude	Duração
05/04/2024 – 03:26:29.451	A	AMT	84,25%	1,0107 s
05/04/2024 – 03:26:30.213	B	AMT	85,66%	1,0964 s
05/04/2024 – 03:26:29.451	C	AMT	85,32%	0,2449 s

Tabela IX – Resumo do Evento 06 no 138 kV

Data	Fase	Tipo	Magnitude	Duração
05/04/2024 – 03:26:29.359	A	AMT	82,36%	1,1029 s
05/04/2024 – 03:26:29.364	B	AMT	83,79%	1,0987 s
05/04/2024 – 03:26:30.212	C	AMT	83,54%	0,2493 s

Diante das oscilografias e das tabelas acima, é possível notar que houve dois eventos consecutivos:

- **Fases A e B:** houve um evento no 138 kV com duração de 1,10 (s), aproximadamente, que resultou em um afundamento no 6,6 kV.
- **Fase C:** Após o evento anterior, houve um outro afundamento de tensão no 138 kV com duração menor de 0,25 s, aproximadamente

O primeiro afundamento exposto acima desligou o inversor de frequência. Os Afundamentos de Tensão detectados nas fases A e B ocasionou em uma possível perda de condução dos diodos que, por sua vez, aumentou a corrente nas fases B e C, sensibilizando a proteção de sobrecorrente e/ou de rampa de subida (nº 64 – Ridethrough).

VI. CÁLCULO DO FATOR DE IMPACTO E ESTRATIFICAÇÃO DAS VTCDs

Este capítulo tem por objetivo estratificar e apresenta os níveis de sensibilidade das cargas, conforme curva ITIC/CBEMA. A tabela a seguir apresenta a estratificação das VTCDs com base nos níveis de sensibilidade das cargas (conforme Capítulo II). A estratificação e o fator de impacto calculado serão apresentados por mês. O primeiro intervalo de tempo se dá entre 21/02/2024 a 21/03/2024 e o segundo intervalo se dá entre 22/03/2024 a 22/04/2024.

A. Inversor de Frequência 331FN400U01

Dos dados apresentados na Figura 8, observa-se um total de 20 afundamentos de tensão e 02 elevações de tensão, dos quais 20% foram afundamentos com amplitude menor que 0,8 pu. Variações de tensão com tais amplitudes podem sensibilizar as proteções de subtensão dos relés e inversores de frequência, ocasionando o desligamento das cargas. Observa-se também que houve dois eventos de sobretensão no barramento de 138 kV, onde um (01) evento ocorreu com duração de tempo de 300 ms à 600 ms e um (01) evento ocorreu com duração de tempo de 3 seg à 1 min.

De acordo com [2], o valor referência do Fator de Impacto (FI), apurado por medição apropriada no período de 30 dias consecutivos, é de 1,0 pu.

- Para o primeiro mês (21/02/2024 a 21/03/2024), o fator de impacto foi de 0,72 pu
- Para o segundo mês (22/03/2024 a 22/04/2024), o fator de impacto foi de **1,12 pu**.

Portanto, de acordo com o valor referência estipulado pelo PRODIST – Módulo 8, os valores de Fator de Impacto (FI) obtidos para os dois meses estão **DENTRO** dos limites. De maneira complementar, não houve violação nos níveis de DRP e DRC.

Figura 8 – Fator de Impacto, quantidade e estratificação das VTCDs por amplitude e duração da Entrada Geral de 6,6 kV e Curva ITIC dos eventos de VTCDs registrados.

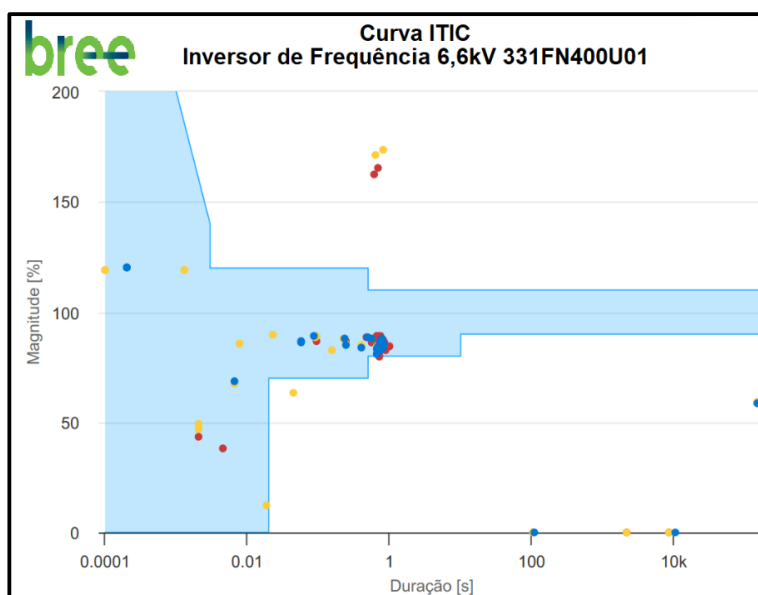
Amplitude (pu)	Duração						
	16,67ms - 100ms	100ms - 300ms	300ms - 600ms	600ms - 1seg	1seg - 3seg	3seg - 1min	1min - 3min
> 1,15						1	
1,10 - 1,15							
0,85 - 0,90	4			4			
0,80 - 0,85				3			
0,70 - 0,80				1			
0,60 - 0,70	1						
0,50 - 0,60					1		
0,40 - 0,50							
0,30 - 0,40							
0,20 - 0,30							
0,10 - 0,20							
< 0,10							

(i) Estratificação das VTCDs identificadas no primeiro intervalo de tempo (21/02 a 21/03). **Fator de Impacto = 0,72**

Amplitude (pu)	Duração						
	16,67ms - 100ms	100ms - 300ms	300ms - 600ms	600ms - 1seg	1seg - 3seg	3seg - 1min	1min - 3min
> 1,15				2			
1,10 - 1,15							
0,85 - 0,90		1					
0,80 - 0,85					1		
0,70 - 0,80							
0,60 - 0,70							
0,50 - 0,60							
0,40 - 0,50							
0,30 - 0,40							
0,20 - 0,30							
0,10 - 0,20	1					2	
< 0,10							

(ii) Estratificação das VTCDs identificadas no segundo intervalo de tempo (22/03 a 22/04). **Fator de Impacto = 1,12**

Indicador	Un	Fase A	Fase B	Fase C	Limite
DRP	%	0.00	0.00	0.00	3.00
DRC	%	0.00	0.00	0.00	0.50
DTT.95%	%	1.12	1.02	0.98	8.00
DTTi.95%	%	1.02	1.00	0.96	6.00
DTTp.95%	%	0.10	0.09	0.10	2.00
DTT3.95%	%	0.49	0.18	0.23	5.00
Pst.95%	pu	0.27	0.25	0.24	1.50
FD.95%	%		0.19		2.00



B. Entrada Geral 138 kV

Dos dados apresentados Figura 9, observa-se um total de 20 afundamentos de tensão e 02 elevações de tensão, dos quais 20% foram afundamentos com amplitude menor que 0,8 pu. Variações de tensão com tais amplitudes podem sensibilizar as proteções de subtensão dos relés e inversores de frequência, ocasionando o desligamento das cargas. Observa-se também que houve dois eventos de sobretensão no barramento de 138 kV, onde um (01) evento ocorreu com duração de tempo de 300 ms a 600 ms e um (01) evento ocorreu com duração de tempo de 3 seg a 1min.

De acordo com [1], o valor referência do Fator de Impacto (FI), apurado por medição apropriada no período de 30 dias consecutivos, é de 1,0 pu.

- Para o primeiro mês (21/02/2024 a 21/03/2024), o fator de impacto foi de **0,58 pu**.
- Para o segundo mês (22/03/2024 a 22/04/2024), o fator de impacto foi de **0,61 pu**.

Portanto, de acordo com o valor referência estipulado pelo PRODIST – Módulo 8, os valores de Fator de Impacto (FI) obtidos para os dois meses estão **DENTRO** dos limites.

De maneira complementar, não houve violação nos níveis de DRP e DRC.

Figura 9 – Fator de Impacto, quantidade e estratificação das VTCDs por amplitude e duração da Entrada Geral de 138 kV e Curva ITIC dos eventos de VTCDs registrados.

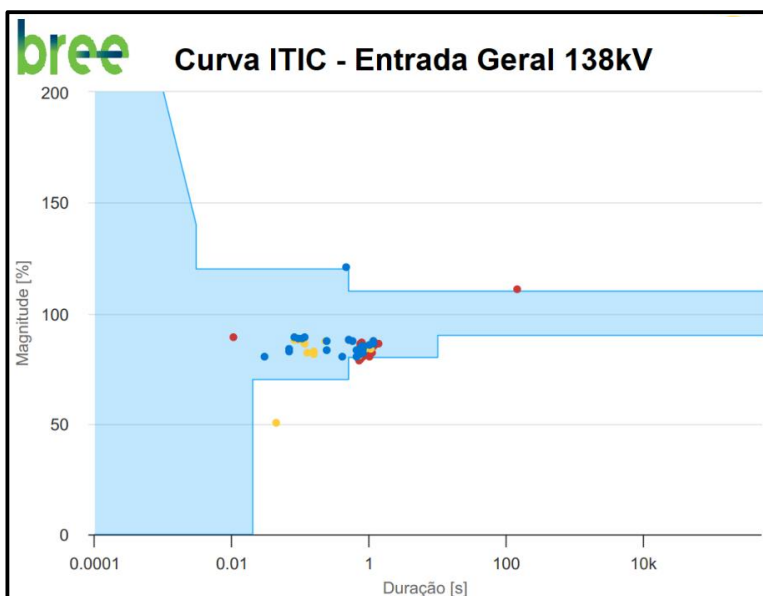
Amplitude (pu)	Duração						
	16,67ms - 100ms	100ms - 300ms	300ms - 600ms	600ms - 1seg	1seg - 3seg	3seg - 1min	1min - 3min
> 1,15			1				
1,10 - 1,15							
0,85 - 0,90	1	2		1			
0,80 - 0,85	3			5	1		
0,70 - 0,80				1			
0,60 - 0,70							
0,50 - 0,60	1						
0,40 - 0,50							
0,30 - 0,40							
0,20 - 0,30							
0,10 - 0,20							
< 0,10							

(i) Estratificação das VTCDs identificadas no primeiro intervalo de tempo (21/02 a 21/03). **Fator de Impacto = 0,58**

Amplitude (pu)	Duração						
	16,67ms - 100ms	100ms - 300ms	300ms - 600ms	600ms - 1seg	1seg - 3seg	3seg - 1min	1min - 3min
> 1,15							
1,10 - 1,15						1	
0,85 - 0,90					1		
0,80 - 0,85					2		
0,70 - 0,80					1		
0,60 - 0,70							
0,50 - 0,60							
0,40 - 0,50							
0,30 - 0,40							
0,20 - 0,30							
0,10 - 0,20							1
< 0,10							

(ii) Estratificação das VTCDs identificadas no segundo intervalo de tempo (22/03 a 22/04). **Fator de Impacto = 0,61**

Indicador	Un	Fase A	Fase B	Fase C	Limite
DRP	%	0.00	0.00	0.00	3.00
DRC	%	0.00	0.00	0.00	0.50
DTT.95%	%	0.87	1.00	0.88	5.00
DTTi.95%	%	0.85	0.99	0.87	4.00
DTTp.95%	%	0.07	0.06	0.07	1.00
DTT3.95%	%	0.19	0.10	0.16	3.00
Pst.95%	pu	0.22	0.20	0.20	2.00
FD.95%	%		0.33		2.00



VII. CONCLUSÃO

O presente relatório teve como objetivo principal fazer uma avaliação da qualidade da energia na entrada geral em 138 kV e no barramento de 6,6 kV complexo elétrico da indústria, com foco no registro e avaliação da tensão, corrente, potências e distorção harmônica de tensão e corrente em regime permanente e variações de tensão de curta duração que estejam impactando as cargas da referida empresa.

Neste sentido, no que concerne aos índices de qualidade de energia elétrica em regime permanente como tensão, corrente, potências, fator de potência, distorção harmônica de tensão e distorção harmônica de corrente, conclui-se:

No que diz respeito às variações de tensão de curta duração, conforme apresentado neste presente relatório, foram registrados cerca de 22 eventos de VTCDs nos barramentos de 138 kV e 6,6 kV ao longo do período de 02 meses de medição consecutiva. Destes 22 eventos, foram registrados 06 eventos de desligamento do inversor de frequência 331FN400U01.

O Fator de Impacto (FI) integralizado, conforme os critérios do PRODIST – Módulo 8, atingiu um valor de 0,61pu e 1,12 pu nos barramentos de 138 kV e 6,6 kV, respectivamente. De acordo com o PRODIST – Módulo 8, o valor referência do FI, apurado por medição apropriada no

período de 30 dias consecutivos, é de 1,0 pu. Quando o valor do FI apurado por medição é acima de 1,0, significa que, geralmente, o cliente pode ter perdas técnico/financeiras devido a falha e má-operação de cargas sensíveis a valores de tensão, como os equipamentos eletrônicos, de automação e controle de velocidade de motores etc.

Foi verificado que, cerca de 90% das VTCDs são registradas como Afundamentos Momentâneos de Tensão (AMT), com variação de tempo entre 16,67ms até 1min. Conforme explorado no Capítulo III, a topologia do inversor de frequência AC/DC é bastante sensível para tais afundamentos de tensão mencionados, podendo acionar as proteções existentes do inversor de frequência.

REFERÊNCIAS

- [1] PRODIST – Módulo 8 – Qualidade do Fornecimento da Energia Elétrica, Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), revisão vigente
- [2] IEEE 466, ITIC/CBEMA Curve - Information Technology Industry Council, revisão vigente.
- [3] ABB, Medium Voltage AC Drive ACS2000 with Diode Front End: User Manual, Document No. 3BHS360367 ZAB E01, Revision D, ABB Beijing Drive Systems Company Ltd., 28 de agosto de 2014.
- [4] ABB, ACS 2000AD Medium Voltage Drives: Signal and Parameter Table, Software Version LDAI6220, Release Date 18 de agosto de 2014, ABB Switzerland Ltd.