

Incidentes nas Redes Eléctricas

Eng. António Blanco

Direcção Operacional da Rede Eléctrica da EDP (Dep. de Protecções)

1. Introdução

A EDP tem vindo a publicar os dados anuais sobre a estatística de incidentes nas suas redes de muito alta tensão (MAT) e de alta tensão (AT), a cargo da DORE (Direcção Operacional da Rede Eléctrica).

Transcrevem-se a seguir os resultados referentes ao ano de 1992.

2. Âmbito da Estatística

Os elementos estatísticos apresentados dizem respeito aos incidentes ocorridos nas redes da EDP de MAT e de AT (a cargo da DORE) com origem nas linhas, transformadores e autotransformadores e outros equipamentos de alta tensão em serviço.

Foram igualmente considerados os incidentes que, embora originados em grupos geradores a cargo da DOPR (Direcção Operacional da Produção - Sectores da Produção Hidráulica - PRPH e da Produção Térmica - PRPT), provocaram reflexos significativos na rede de Transporte e Interligação.

Os incidentes ocorridos foram classificados e analisados em duas grandes redes, cuja constituição se indica:

□ Rede de Muito Alta Tensão (MAT):

- Linhas e barramentos a 400 kV, 220 kV e 150 kV
- Autotransformadores e transformadores de potência de 400/220 kV, 400/150 kV e 220/150 kV

□ Rede de Alta Tensão (AT):

- Linhas, cabos e barramentos a 60 kV e 30 kV
- Transformadores de potência de 400/60 kV, 220/60 kV, 150/60 kV, 150/30kV e 60/30 kV
- Baterias de condensadores ligadas a barramentos a 60 kV e a 30 kV

Não foram objecto de análise, mas apenas considerados estatisticamente, os incidentes com origem:

- Em geradores, mas sem reflexos directos na rede de transporte e interligação, isto é, que não provocaram disparos de disjuntores pertencentes a linhas que ligam aos barramentos da Central ou a quaisquer outras da RTI;
- Nas redes de distribuição a 30 kV das DODN (Direcção Operacional de Distribuição Norte) e DODC (Direcção Operacional de Distribuição Centro) alimentadas a partir da Subestação do Pocinho.

A exclusão destes dois grupos de incidentes justifica-se pela existência de condicionalismos particulares, em especial no que se refere à rede dos 30 kV alimentada a partir do Pocinho, cujo número anormalmente elevado de perturbações, a ser incluído, descaracterizaria profundamente os

índices de comportamento dos sistemas de protecções para as redes de MAT e de AT a cargo da DORE.

3. Análise de Resultados Relativos à Rede MAT

3.1. Origens e causas dos incidentes

De um total de 414 incidentes ocorridos na rede de MAT da DORE, 403, correspondentes a 97,3%, tiveram origem em linhas, com particular destaque para as de 150 kV, com 298 incidentes, o que representou 73,9% dos originados em linhas.

Quanto às causas, predominaram como habitualmente, as relacionadas com os factores atmosféricos, responsáveis por 181 incidentes, correspondendo a 43,7% das causas (Fig. 1).

Dos factores atmosféricos, destacaram-se as descargas com 71 incidentes, as condições de nevoeiro e poluição de isoladores com 85 e as de vento e chuva com 25, cabendo à rede de 150 kV, com 114 incidentes, a contribuição mais importante, igual a 63% do total das causas relacionadas com estes factores.

Logo de seguida, surgem as aves, referidas como causa de 157 incidentes (37,9%).

Salienta-se que a disseminação pelo território nacional da cegonha branca, com crescimento acentuado nos últimos anos, começa a revelar-se um factor perturbador para a exploração da Rede.

Algumas disposições têm sido tomadas para atenuar os efeitos da sua presença nos postes das linhas, designadamen-

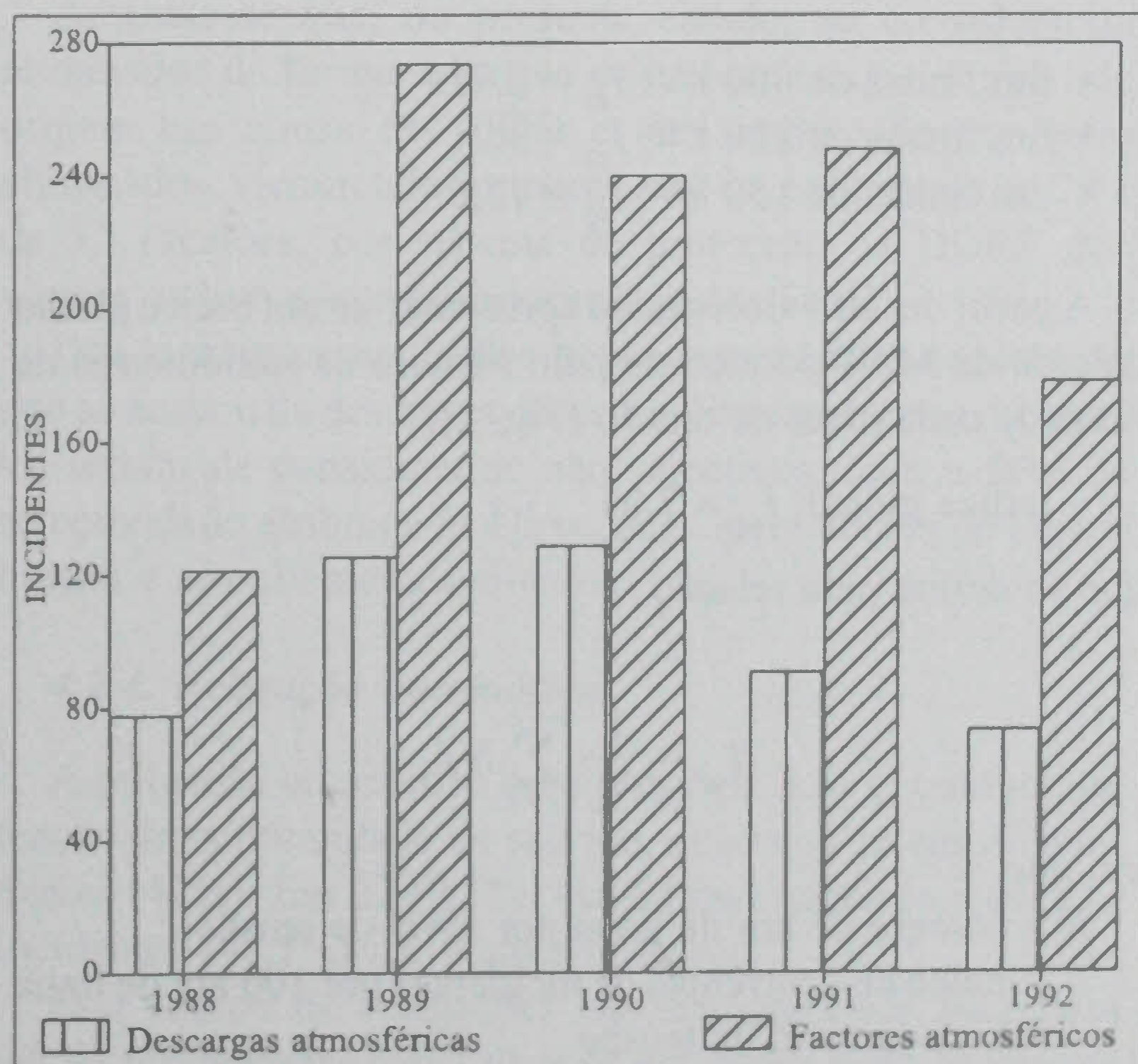


Fig. 1 - Evolução do número de incidentes devidos a descargas atmosféricas e factores atmosféricos na rede global de MAT.

te, oferecendo ninhos em sítios menos perigosos do ponto de vista eléctrico ou colocando cordas de nylon entre os braços e a cabeça do poste, com resultados positivos.

Como nota favorável, assinala-se a diminuição do número de incidentes devidos a incêndios, dadas as largas repercussões que normalmente estes incidentes acarretam para a Rede. Com efeito, em 1992 registaram-se 21 incidentes provocados por incêndios, o que corresponde a apenas 5,1% das causas.

Quanto às causas identificadas como deficiências de material, houve neste ano uma ligeira subida da sua contribuição, aparecendo em 22 incidentes, ou 5,3%, embora de repercussões não proporcionais. De ressaltar, no entanto, neste grupo os 9 incidentes causados por deficiências em cadeias de isoladores (porcelanas e ferragens acessórias) e 3 relacionados com cabos (condutores de linha), tendo um deles resultado de rotura, com consequente queda no solo, felizmente sem danos importantes.

3.2. Indicadores típicos das redes de energia

3.2.1. Índice de ocorrência de incidentes por 100 km de linha

Nas linhas aéreas define-se o índice de ocorrência de incidentes por 100 km:

$$I_{oi} = \frac{N_i}{N_k} 100$$

onde

I_{oi} - Índice de ocorrência de incidentes por 100 km de linha por nível de tensão

N_i - Número de incidentes por nível de tensão (linha)

N_k - Número de km de linha por nível de tensão

Os valores obtidos este ano para os diferentes níveis de tensão foram os seguintes:

- Em linhas de 400 kV: $I_{oi} = 2,91$
- Em linhas de 220 kV: $I_{oi} = 3,21$
- Em linhas de 150 kV: $I_{oi} = 12,6$

A partir destes valores pode apresentar-se um índice global da rede de MAT ponderado pelo número de quilómetros de linha de cada nível de tensão (Fig. 2):

- Índice global: $I_{og} = 7,05$

que se define pela relação

$$I_{og} = \frac{1}{N_{kt}} \sum_{i=1}^{n=3} N_i I_{oi}$$

em que

N_i - número de km de linha por nível de tensão

I_{oi} - índice de ocorrência de incidentes por 100 km de linha de cada nível de tensão

N_{kt} - número total de km de linha nos níveis de 400 kV, 220 kV e 150 kV

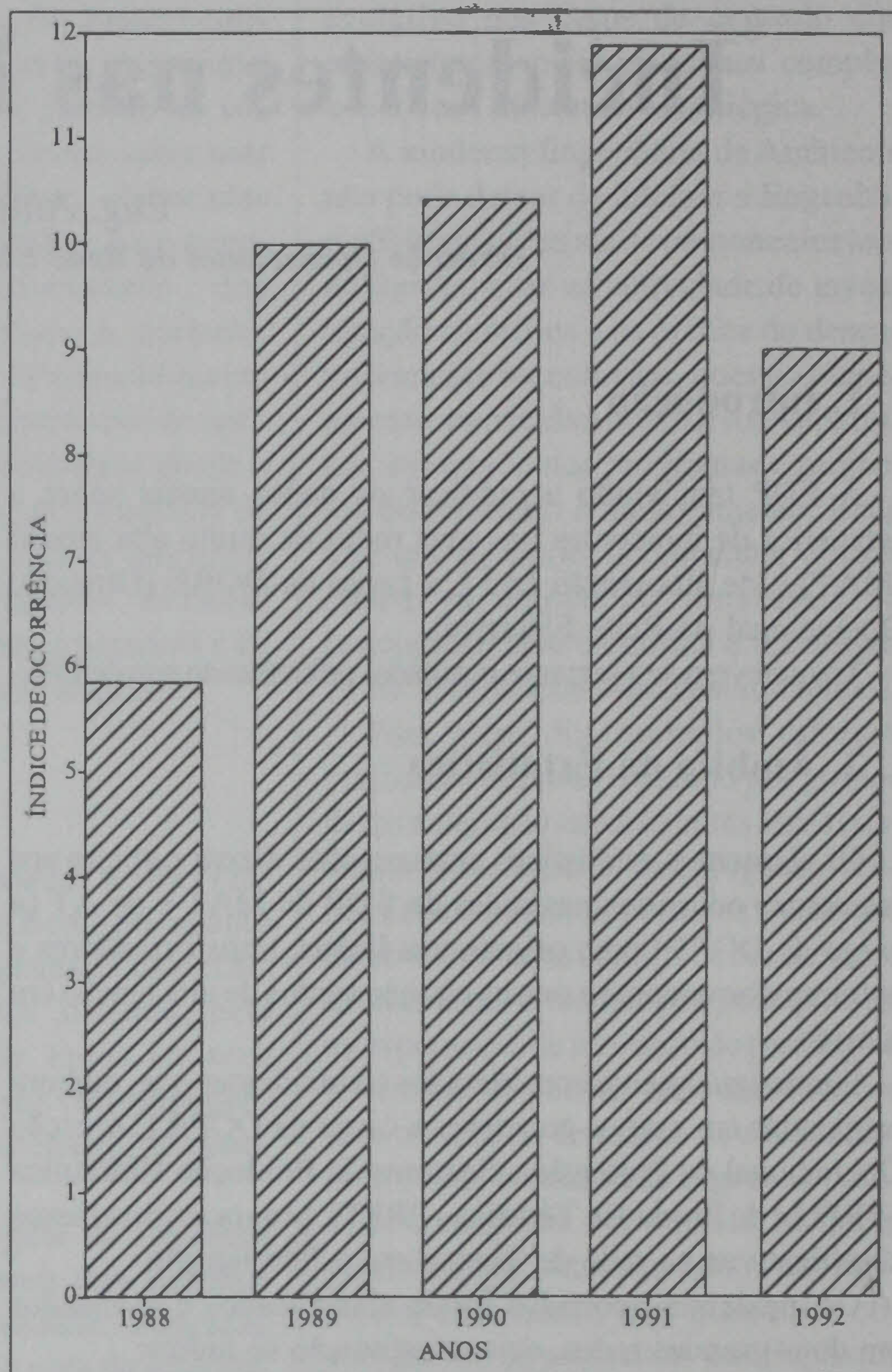


Fig. 2 - Índice global de ocorrência de incidentes na rede de MAT.

3.2.2. Tempo médio de eliminação de defeitos

Os tempos médios de eliminação de defeitos ocorridos nas linhas de MAT em 1992 foram os seguintes:

- Linhas a 400 kV: $t_m = 136$ ms
- Linhas a 220 kV: $t_m = 250$ ms
- Linhas a 150 kV: $t_m = 179$ ms

Daqui obtém-se um tempo médio global (ponderado pelo número de defeitos ocorridos em cada nível de tensão) com o valor $t_{mg} = 188$ ms.

3.2.3. Selectividade

O índice de selectividade global da rede de MAT atingido em 1992 foi de 97,9% correspondendo a 396 incidentes eliminados de forma não selectiva, 4 dos quais devidos a funcionamento incorrecto dos sistema de protecções instalados.

3.2.4. Religação automática

Registou-se um índice de 73,7% de religações automáticas bem sucedidas referente a incidentes em que se manteve a continuidade de serviço nas linhas afectadas.

Em 21 casos (5,2%) a religião automática não foi bem sucedida, ou seja, os incidentes terminaram em disparos definitivos em pelo menos um dos extremos das linhas, na esmagadora maioria dos casos porque se tratava de defeitos permanentes.

Em 85 casos (21,1%) não houve religião.

A eficiência da religião automática tem vindo a crescer, situando-se actualmente no valor 73,7%, que já é relativamente elevada. A eventual melhoria deste índice estará dependente da utilização de outros modos de religião na exploração das redes de MAT.

Com efeito, a adopção do tipo de religião mono+trifásico, em determinadas zonas da rede de MAT, mediante estudos confirmativos de manutenção de sincronismo, poderá permitir aumentar o número de religações automáticas bem sucedidas, já que muitos defeitos polifásicos, sendo de carácter fugitivo, terminarão também com religações bem sucedidas.

4. Análise de Resultados Relativos à Rede AT

4.1. Origens e causas dos incidentes

Predominaram também na rede de alta tensão (AT) os incidentes com origem em linhas, no total de 231 (78,8%), vindo em seguida o grupo de incidentes originados em outras redes, com o montante de 52 (17,7%), a esmagadora maioria dos quais iniciados nas redes das DOD, mas com reflexos directos na rede de AT da DORE (Fig. 3).

Relativamente às causas, predominaram as designadas por factores atmosféricos (descargas atmosféricas, nevoeiro e poluição de isoladores, vento e chuva), com 164 incidentes, o que corresponde a 56% do total das causas.

Salienta-se que nesta rede AT o número dos incidentes atribuídos a causas desconhecidas, 99 (33,8%), é particularmente elevado, ficando o facto a dever-se à exiguidade da informação proveniente das redes das DOD e ao natural

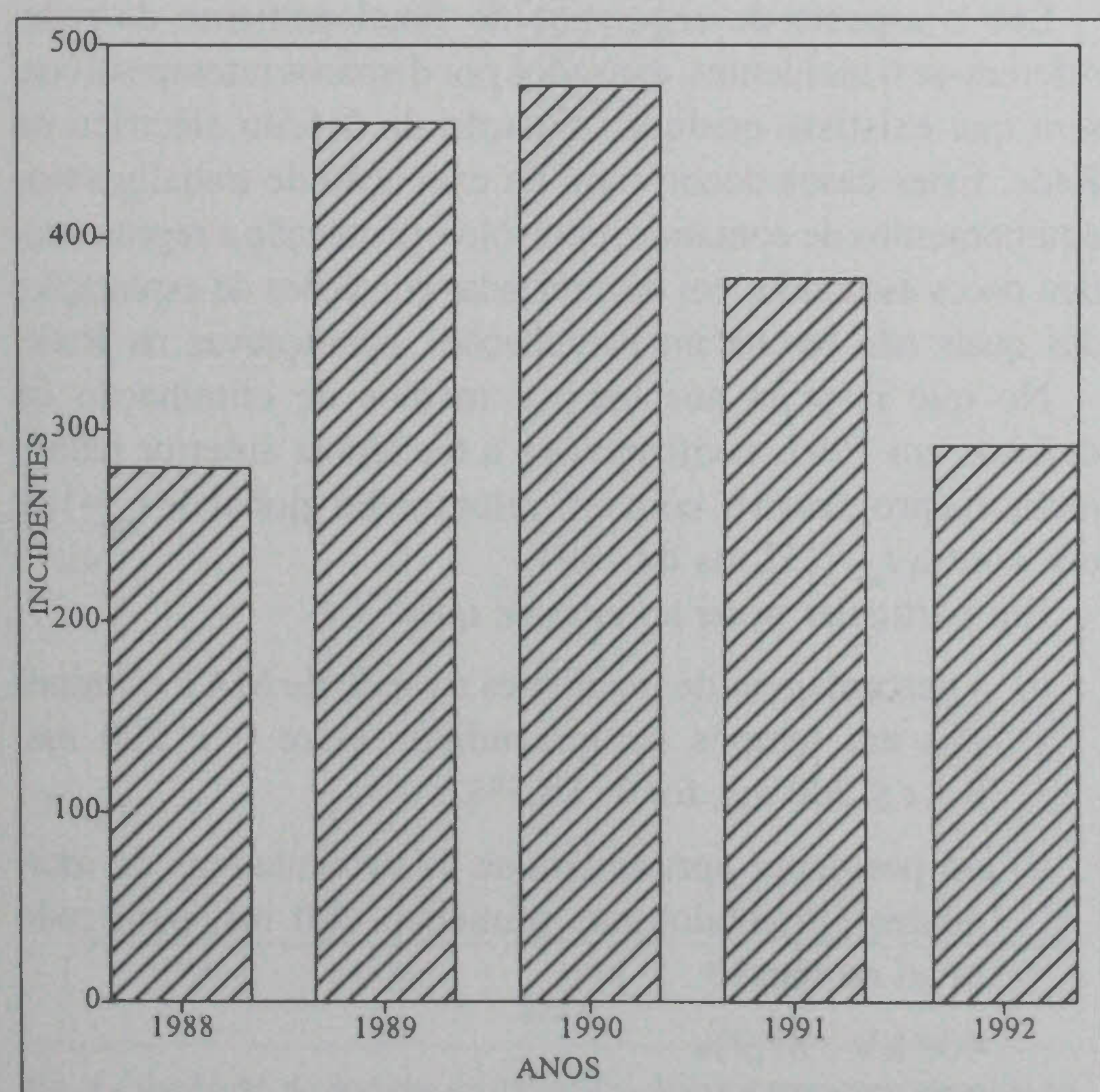


Fig. 3 - Evolução do número total de incidentes analisados na rede de AT.

processo de automatização global da rede, com o consequente abandono de pessoal de muitas instalações.

4.2. Indicadores típicos de redes de energia

4.2.1. Índice de ocorrência de incidentes por 100 painéis em serviço

Para a rede de AT, como habitualmente, apresenta-se o índice de ocorrência de incidentes por 100 painéis em serviço em 1992, em substituição do relativo ao número de incidentes por 100 km de linha, que se define por

$$I_{op} = \frac{N_i}{N_p} 100$$

onde

I_{op} - Índice de ocorrência de incidentes por 100 painéis em serviço

N_i - Número de incidentes da rede de AT

N_p - Número de painéis em serviço na rede de AT

O valor deste índice foi de $I_{op} = 105$, o qual reflecte a benignidade geral do ano de 1992, no que respeita a incidentes.

4.2.2. Tempo médio de eliminação de defeitos

Oteve-se em 1992 o valor de $t_m = 653$ ms, tempo que se encontra relativamente estabilizado dentro do último quinquénio. A tendência, todavia, será para decrescer à medida que as redes das DOD forem sendo dotadas de protecções de distância, que permitam eliminar selectivamente os efeitos ocorridos nas zonas.

4.2.3. Selectividade

Em 1992 obteve-se na rede de AT um índice global de selectividade de 99,7%, traduzido em 288 incidentes eliminados de forma selectiva sem repercussões, 4 selectivos mas com repercussões e 1 eliminado de forma não selectiva, devido a regulação incorrecta da protecção.

Assinale-se que, no presente estudo, se consideraram eliminados de forma selectiva os incidentes que, tendo tido origem nas zonas das DOD e não tendo sido por estas eliminados, vieram ulteriormente a sê-lo, em tempos de 2.º e de 3.º escalões, por sistema de protecção da DORE que vigiam as linhas que alimentam aquelas DOD.

Dos incidentes analisados, foram encontrados na situação que se acabou de descrever 42 casos. Em rigor, estes incidentes teriam de considerar-se não selectivos, com a falta de selectividade atribuída às Direcções Operacionais de Distribuição e aos clientes envolvidos.

4.2.4. Religação automática

A religação automática bem sucedida, isto é, com manutenção da continuidade de serviço, observou-se em 97 incidentes (42%). Em 22 (9,5%) ela foi mal sucedida e em 112 incidentes (48,5%) não houve religação.

Este índice de religações automáticas bem sucedidas (42%), relativamente baixo, deve-se, em grande parte, ao facto de muitas das linhas de 60 kV que alimentam clientes e as DOD, se encontrarem, por opção destes, a ser exploradas sem religação.

5. APRECIACÃO GLOBAL DO COMPORTAMENTO DOS SISTEMAS DE PROTECÇÃO INSTALADOS NAS REDES DE MAT E DE AT

5.1. Na rede de MAT

Houve em 1992 um decréscimo da ordem dos 26,5% no número de incidentes ocorridos.

Este facto veio contrariar uma tendência, que se esboçava desde 1986, para o contínuo aumento do número de defeitos na Rede. O carácter particularmente benigno de 1992, no que concerne a intempéries, terá contribuído bastante para que tal acontecesse.

No que respeita a incidentes causados por deficiências de material (Quadro 1), houve uma subida de 17 para 22, tendo resultado de alguns deles danos apreciáveis, em particular aqueles que envolvem contornamentos com destruição de cadeias de isoladores (9 casos). Estes incidentes possuem sempre um grau de perigo potencial muito elevado, dado que, na sequência da rotura da cadeia, se pode verificar o desprendimento do cabo e a sua projecção no solo, como aconteceu no incidente de 92-08-27 na Subestação de Alto de Mira, que, para além dos prejuízos materiais próprios, acarretou quebras intermitentes no fornecimento de energia eléctrica a uma parte da capital durante quase uma hora, num período de vazio do diagrama de cargas.

Facto saliente também, pela sua invulgaridade, registou-se com a rotura, por corrosão e/ou fadiga, de um cabo de uma linha de 150 kV (Palmela-Sines I), com a consequente queda no solo.

Anote-se ainda nesta rubrica a ocorrência de 5 incidentes provocados por explosões de transformadores de intensidade: 3 na Central de Bemposta, 1 na Central de Mira e outro na Central de Sines. Estes incidentes, além do impacto que produzem, são sempre de gravidade elevada, pelos danos materiais envolvidos por potenciais danos físico em pessoas que trabalham em áreas circundantes e pelos períodos de indisponibilidade forçada dos painéis em que ocorrem.

Quanto à selectividade com que operaram os sistemas de protecção instalados, critério que, como se sabe, traduz uma

QUADRO 1

Incidentes causados por deficiências de material nas redes de MAT e de AT durante 1992.

CAUSAS	MAT	AT
Isoladores	9	7
Condutores de linha / Ligações flexíveis	4	-
Condensadores	-	2
Disjuntores	1	1
Transformadores de medição	5	-
Protecções	2	-
Descarregadores de sobretensões	-	2
Outras	1	-
TOTAL	22	12

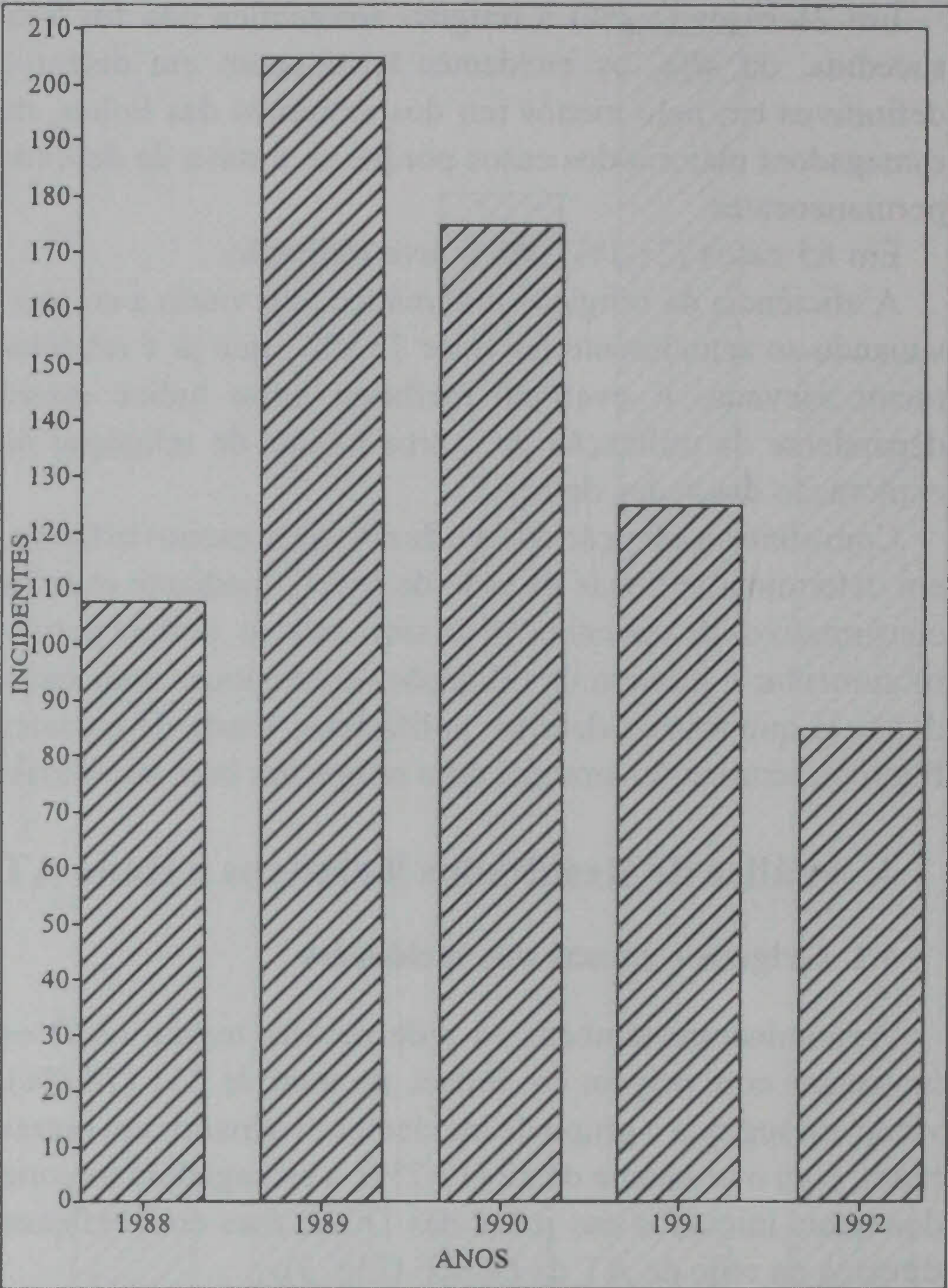


Fig. 4 - Evolução do número de incidentes devidos a descargas atmosféricas na rede de AT.

apreciação global da adequação dos sistemas às solicitações exigidas pela Rede, pode considerar-se bastante bom o valor alcançado (97,9%).

Com efeito, em 1992 apenas se registaram 9 incidentes não selectivos e destes apenas 4 devidos a funcionamentos incorrectos dos sistemas de protecções da DORE.

Sob o aspecto de segurança do funcionamento da rede, referem-se 6 incidentes, causados por disparos intempestivos, sem que existisse qualquer situação de defeito eléctrico na Rede. Estes casos decorreram da execução de trabalhos nos equipamentos de comando, controlo e protecção e representaram riscos assumidos em determinadas condições de exploração, das quais não resultaram perturbações significativas na Rede.

No que respeita aos tempos médios de eliminação de defeitos em 1992, confirmou-se a tendência anterior para a melhoria progressiva, com um valor médio global de $t_{mg} = 188$ ms, contra $t_{mg} = 232$ ms de 1991.

Em particular pode apontar-se que:

- a) a percentagem de incidentes na rede de MAT eliminados em tempos compreendidos entre 0 e 200 ms, $0 < t \leq 200$ ms, foi de 88,5%.
- b) em pormenor apresentam-se as percentagens de incidentes eliminados nos primeiros 200 ms, para cada nível de tensão:
 - 400 kV : 87,9%
 - 220 kV : 78,6%
 - 150 kV : 90,9%

c) se considerarmos os primeiros 600 ms, $0 < t \leq 600$ ms, obtêm-se as seguintes percentagens:

400 kV : 90,9%

220 kV : 91,4%

150 kV : 98,3%

5.2. Na rede da AT

A rede de AT beneficiou em 1992, do mesmo modo que a de MAT, da benignidade geral do ano climatérico, que se traduziu numa diminuição de 21,7% dos incidentes analisados (Fig. 5, 6).

No que se refere a incidentes de referência especial, cabe mencionar o ocorrido em 92-06-02, na Subestação da Batalha provocado por uma descarga atmosférica que atingiu o barramento de 60 kV, tendo dado origem a um defeito de carácter evolutivo, cujo arco descreveu uma trajectória peculiar até ao seu escorvamento.

Curiosamente, o arco, impellido por forças electromagnéticas, acabou por derivar para o painel de linha mais próxima da sua origem, sendo o defeito aí eliminado por actuação das protecções próprias desse painel de linha.

No que concerne a defeitos originados por deficiências de material, registou-se uma pequena quebra relativamente ao ano anterior, de 19 para 12, destacando-se neste grupo, à semelhança do que se observou na rede de MAT, os incidentes causados por destribuição de cadeias de isoladores.

A multiplicação de incidentes com esta causa e a sua potencial gravidade vem corroborar a necessidade de continuar a exigir dos fornecedores de isoladores um efectivo empenho com a garantia de qualidade dos seus equipamentos.

Obteve-se este ano um elevado índice de selectividade (99,7%), com apenas 1 incidente eliminado de forma não selectiva e de responsabilidade directa da DORE.

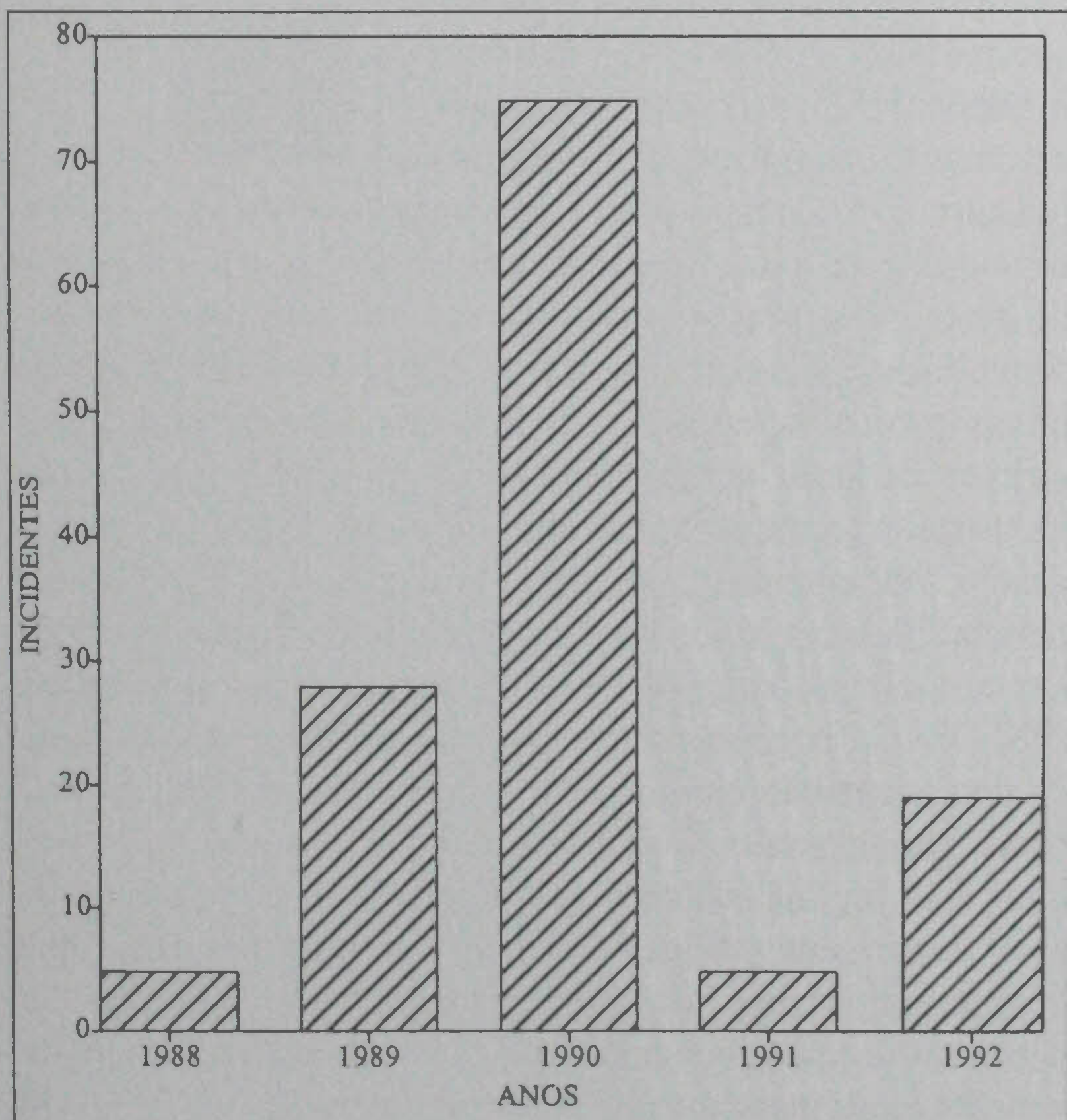


Fig. 4 - Evolução do número de incidentes devidos a nevoeiro e poluição de isoladores na rede da AT.

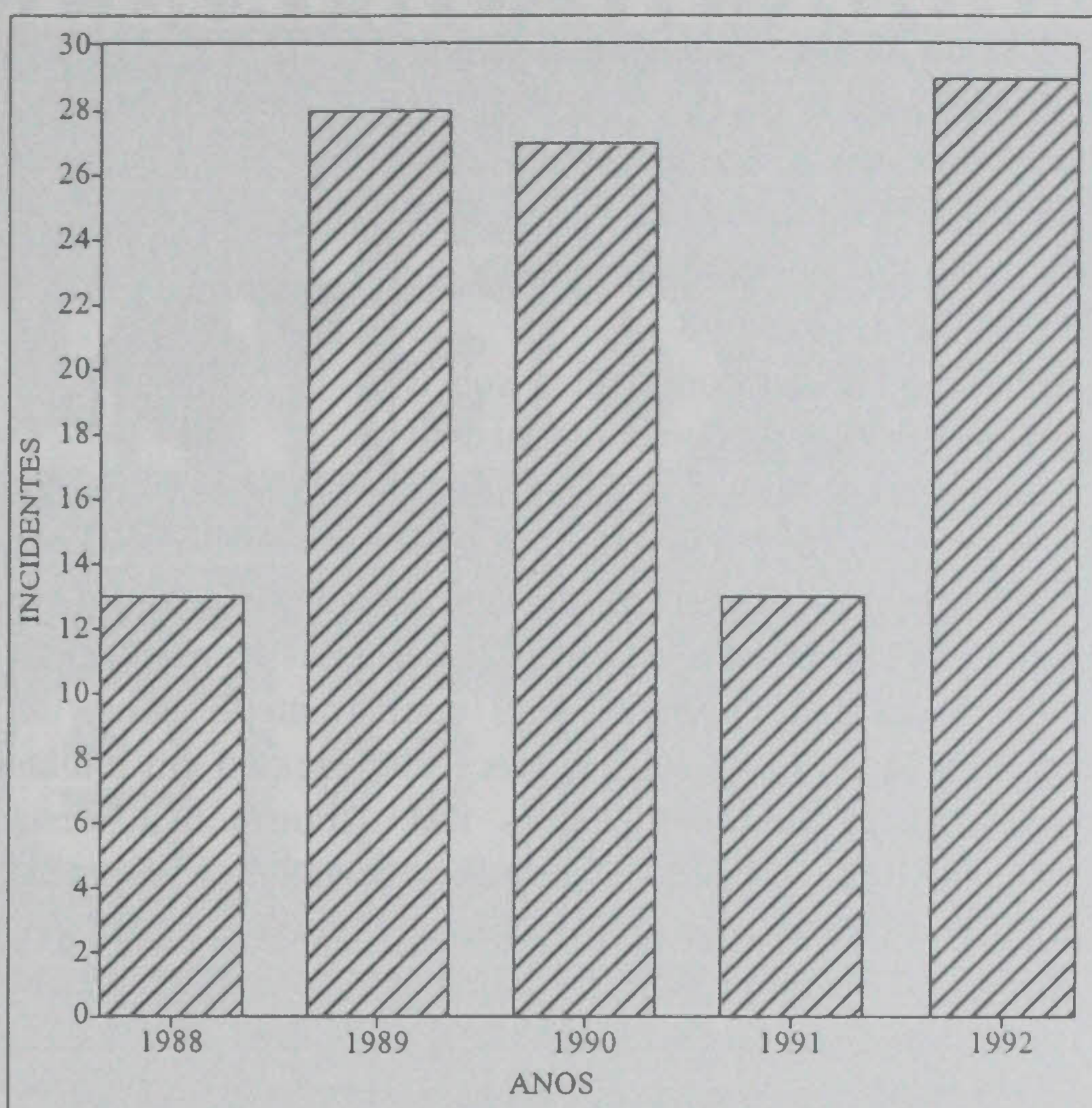


Fig. 6 - Evolução do número de incidentes devidos a vento e chuva na rede de AT.

Continuam, no entanto, a verificar-se incidentes globalmente não selectivos, mas cuja responsabilidade é atribuída às redes das DOD e de clientes, conforme também já foi aludido.

É de esperar que, com o incremento da instalação de protecções de distância pelas DOD, esta situação venha a normalizar-se progressivamente.

No que respeita aos tempos médios de eliminação de defeitos, o valor obtido para esta rede, 653 ms, encontra-se nos últimos cinco anos dentro de uma margem estabilizada. Em particular, pode ressaltar-se que

- a percentagem de incidentes eliminados nos primeiros 200 ms, $0 < t \leq 200$ ms foi de 51%.
- a percentagem de incidentes eliminados no primeiro segundo, $0 < t \leq 1$ s, foi de 72%.

6. CONCLUSÕES

Apresentados e comendados os principais indicadores estatísticos das redes de MAT e de AT, é lícito concluir que os graus de segurança e estabilidade das redes da DORE se têm consolidado nos últimos anos, para o que têm contribuído os investimentos oportunamente realizados e as acções entretanto empreendidas pelo Departamento de Protecções.

O grande esforço de normalização de processos de trabalho, padronização e simplificação dos esquemas dos sistemas de protecções, conforme se tem vindo a efectuar, deverá permitir confirmar os resultados já obtidos.

Presentemente encontra-se em fase de arranque a utilização de um programa (CAPE - Computer Aided Protection Engineering) destinado à realização de estudos de coordenação de protecções. A introdução de meios informáticos modernos e poderosos, como o CAPE, reforçará o rigor e a segurança dos cálculos e planos de coordenação dos sistemas de protecção actualmente desenvolvidos e em funcionamento.