

Uma contribuição para o estabelecimento de diretrizes para a quantificação das distorções harmônicas de tensão em instalações universitárias

M. A. Gonçalves de Oliveira – Unb, A. L. Ferreira Filho – Unb e G. P. M. Amboni - Unb

E-mail: leles@ene.unb.br

Palavras-chave - medição, harmônicas, ambientes universitários.

Resumo - Este artigo apresenta os resultados de um estudo visando contribuir para o estabelecimento de diretrizes para nortear as campanhas de medição de distorções harmônicas de tensão. São ilustrados os resultados de medições efetuadas em edifícios da Universidade de Brasília (Unb), com duração variando de 1 até 24 dias.

O tratamento estatístico destes dados permite estabelecer um período típico que melhor caracteriza as distorções harmônicas de uma dada instalação, e ainda avalia questões como a escolha de uma das fases como representativa às demais.

São postos à apreciação, com vistas a análises da frequência de aquisição, os valores médios calculados quando da execução de medições intercaladas de 1, 5, 10, 15, 30, e 60 minutos, bem como o erro cometido nestas operações, determinados a partir dos dados de um espaçamento preestabelecido. Em seguida, é efetuada a avaliação dos dados, segundo os limites propostos pela norma do IEEE, Européia, e a Recomendação Brasileira.

Com base nestas análises, o artigo conclui que, para cargas tipicamente universitárias, medições efetuadas das 9:30 às 17:30 horas em um dia típico, com intervalos de até 15 minutos, são suficientes para quantificar as distorções harmônicas de tensão.

1. INTRODUÇÃO

O acentuado crescimento de cargas não-lineares em sistemas elétricos tem gerado uma preocupação cada vez maior com os problemas associados ao seu suprimento e com a subsequente deterioração da qualidade da energia que as mesmas provocam. Dentre estes problemas, as distorções harmônicas têm recebido particular atenção, resultando em diversos trabalhos de catedráticos da área.

Concessionárias, consumidores e fabricantes, conscientes dos problemas associados à redução da qualidade da energia, têm buscado alternativas comuns para a solução destas questões [1]. Naturalmente, qualquer que seja a medida corretiva a ser tomada, esta deve apoiar-se em indicativos adequados à quantificação e qualificação do grau de deterioração da qualidade da energia elétrica.

As normas de maior destaque internacional, a IEEE [4] e [5], a IEC [6], européia [3], bem como a Recomendação Brasileira [2], estabelecem limites para diversos parâmetros que caracterizam a qualidade da energia elétrica, ou ainda a sua deterioração. Contudo, no que diz respeito às distorções harmônicas de tensão e de corrente, as normas não determinam com clareza os procedimentos para a medição das grandezas necessárias.

Por outro lado, os especialistas concordam com a natureza aleatória dos fenômenos associados à presença de harmônicos nos sistemas elétricos. Assim, torna-se imperativa a utilização de ferramental estatístico para tratá-los. No entanto, este tratamento estatístico é quase sempre negligenciado em função das dificuldades na medição dos parâmetros necessários, da interpretação dos métodos recomendados pelas normas, e ainda, pela ausência de ferramental apropriado.

Embora os resultados obtidos não possam ser imediatamente generalizados para outras cargas, a metodologia apresentada pode ser de grande utilidade para empresas e profissionais interessados na quantificação e na qualificação das distorções harmônicas de tensão e corrente.

2. FUNDAMENTAÇÃO ESTATÍSTICA

Desenvolveu-se para a análise dos dados, rotinas computacionais que determinam grandezas como a média aritmética, o desvio padrão e o valor equivalente com probabilidade de 95% de não ser excedido (P95%). O valor médio (μ) e o desvio padrão (σ) são obtidos pelas equações 1 e 2, respectivamente. O cálculo do valor equivalente com probabilidade de 95% de não ser excedido (P95%) pode ser efetuado através da equação 3, que é a função de distribuição acumulada de uma variável aleatória "X".

$$\mu = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N} \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}} \quad (2)$$

$$F(x_i) = P(x \leq x_i) = \sum_{i=-\infty}^{x_i} P(x_i) \quad (3)$$

Na expressão 3, $P(x_i)$ é a probabilidade acumulada, desde $-\infty$, até “ x_i ”, inclusive.

Embora a estatística propicie equações distintas para a obtenção de um valor médio equivalente para um conjunto (mediana, moda, média quadrática, etc.), utilizou-se neste trabalho os índices apresentados nas equações 1, 2 e 3, em função da aplicabilidade das mesmos ao tipo de análise aqui desenvolvida.

3. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Para o propósito deste trabalho, utilizou-se os valores das DHT_V oriundos de medições efetuadas nos transformadores de entrada de 04 faculdades da Universidade de Brasília:

- Faculdade de Tecnologia – FT;
- Faculdade de Saúde – FS;
- Instituto Central de Ciências Norte – ICCN
- Instituto Central de Ciências Sul – ICCS

Embora as conclusões reportem-se aos resultados das análises efetuadas nas 04 faculdades, os gráficos ilustrados para a apresentação da metodologia utilizada, são oriundos dos dados do Instituto Central de Ciências Sul – ICCS.

Objetivando a redução dos dados medidos a serem analisados, primeiramente se concluirá a respeito da similaridade ou não entre as fases.

3.1. Similaridade entre as fases

Para se concluir a respeito da similaridade ou não entre fases, se analisará os dados medidos por 03 métodos diferentes: comparação gráfica, análise dos valores médios e desvios padrão e análise dos P95%.

3.1.1-Comparação gráfica entre as fases do ICCS.

As figuras 01 e 02 mostram, respectivamente, as DHT_V 's de uma Terça-feira, dia 10/04/01, e de um Domingo, dia 08/04/01 do ICCS.

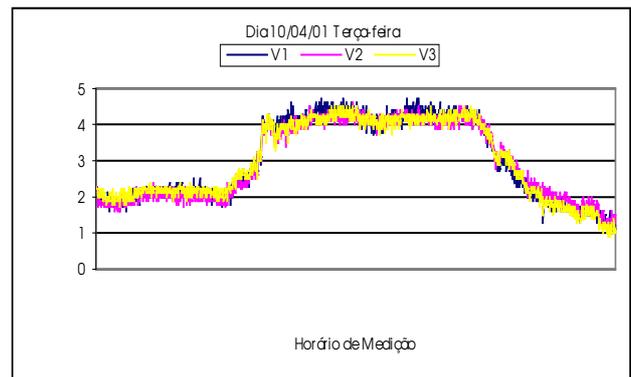


Figura 01 – DHT_V 's das 3 fases de uma Terça- feira

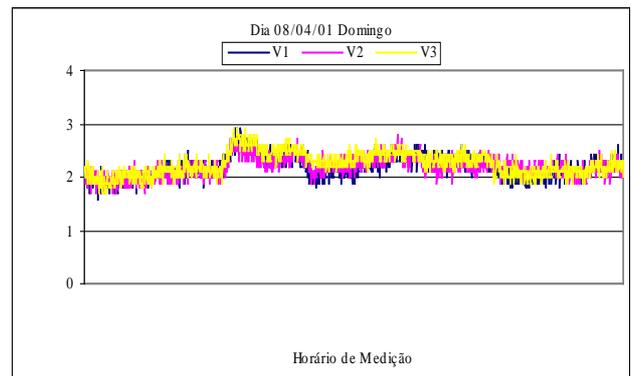


Figura 02 – DHT_V 's das 3 fases de um Domingo

Analisando-se as figuras 01 e 02, pode-se observar que os patamares máximos de DHT_V são alcançados no período das 8:00 às 18:00 horas, durante os dias úteis. Constata-se ainda, que há similaridade entre os perfis das distorções entre as fases para todo o conjunto de dados em estudo.

3.1.2. Análise dos valores médios e desvios padrão entras fases do ICCS.

Neste item será apresentada uma comparação entre a média das DHT_V 's de cada fase, para cada dia, e seus respectivos desvios padrão, figuras 03 e 04.

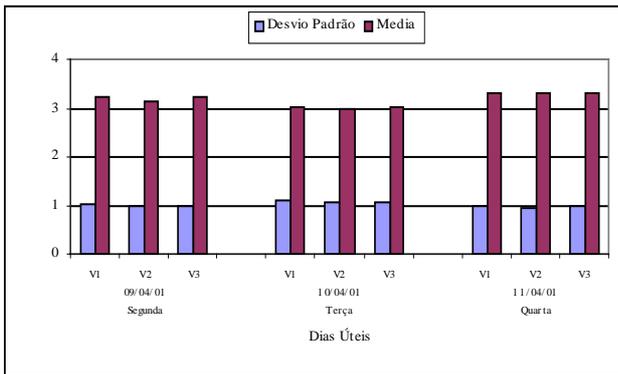


Figura 03 – Média e Desvio Padrão em dias úteis

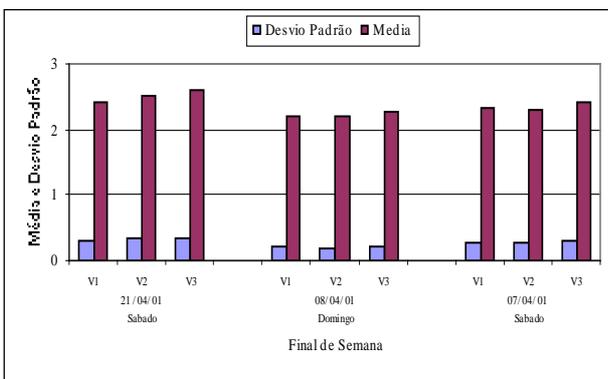


Figura 04 – Média e Desvio Padrão de Sábados e Domingos

Observa-se da figura 03, que há uma variação máxima da média entre as fases de 2,78% ($DHT_{V1} = 3,24\%$ e $DHT_{V2} = 3,15\%$ para o dia 09/04). Logo, pode-se concluir, a partir da análise das médias das DHT_{V} 's, que há semelhança entre as fases para dias úteis. Ainda da figura 3, observa-se desvios padrão da ordem de 33 % em relação à média. Entende-se que há uma grande variação dos valores medidos em 24 horas. De fato, na figura 1 visualiza-se três patamares distintos. O primeiro das 0:00 às 6:00 horas, apresenta DHT_{V} 's próximas de 2,0%, o segundo das 08:00 às 18:00 horas, aduzindo a valores próximos de 4%, e o terceiro das 19:00 às 24:00 horas com índices próximos de 1,8%. Esta diferença entre os três patamares faz com que a média e o desvio padrão para uma fase, em 24 horas, não sejam representativos ao conjunto de dados em estudo. Trata-se de médias de distorções que estão compreendidas entre 1,8 e 4,5%. Logo, justifica-se um estudo que busque um período onde o comportamento das DHT_{V} 's seja mais constante, e conseqüentemente ocorram menores desvios padrão.

Da figura 04 observa-se que há uma variação máxima da média entre as fases de 7,0% ($DHT_{V1} = 2,59\%$ para ao dia 21/04 e $DHT_{V2} = 2,40\%$ para o dia 08/04). Logo, pode-se concluir, a partir da análise das médias das DHT_{V} 's, para sábados e domingos que há semelhança entre as fases. Ainda da figura 04, observa-se desvios padrão da ordem de 15 % em relação à média. Entende-se

que a variação das DHT_{V} 's medidas em 24 horas para sábados e domingos é menor há dias úteis.

3.1.3. Análise dos P95% entre as fases do ICCS.

As figuras 05 e 06 apresentam, respectivamente, os gráficos dos P95% das três fases de dias úteis e finais de semana.

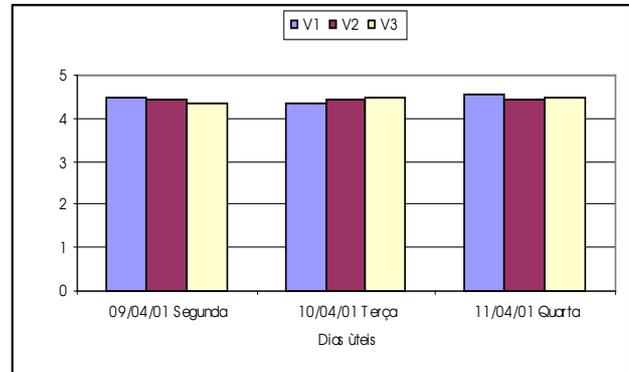


Figura 05 – Probabilidade de 95% de dias úteis

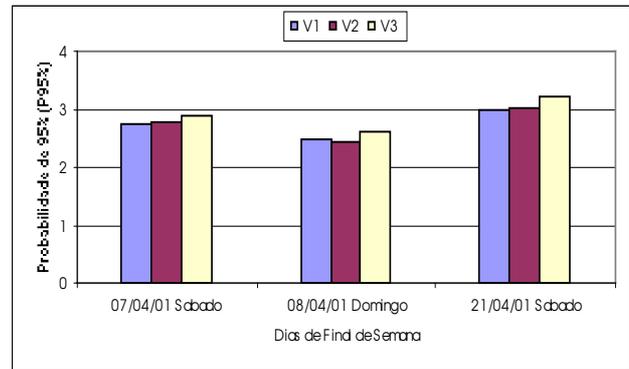


Figura 06 – Probabilidade de 95% de Sábados e Domingos

Observa-se na figura 05, que a P95% de cada fase no período de 24 horas para dias úteis apresenta valores próximos de 4,5%. Observa-se na figura 06, que a P95% de cada fase no período de 24 horas, apresenta valores próximos de 2,8% para os Sábados e 2,5% para os Domingos.

Desta forma destaca-se a semelhança dos valores de P95% entre as três fases de todos os dias em estudo.

Logo, a partir da aplicação dos três métodos de análise supracitados, comprova-se a existência de similaridade entre as fases de todo o grupo de dias. Conseqüentemente, qualquer uma das três fases pode ser utilizada como representativa às demais. Empregar-se-á a fase 1 para os demais análises deste estudo.

3.2. Análise voltada à determinação do período mínimo necessário de medição

Pela análise das curvas de similaridades de fases, verifica-se que às 24 horas de um dia podem ser tomadas como uma realização do conjunto amostra. Assim sendo, inicialmente, verificar-se-á a similaridade ou não entre

dias. Com objetivo de se caracterizar a similaridade entre dias, utilizou-se três métodos: análise gráfica da similaridade entre os dias, discussão das médias e dos desvios padrão e a análise de P95%. Ao todo, são considerados nesta análise, 28 dias, constituindo 4 semanas: de 09/04/01 a 15/04/01, de 16/04/01 a 22/04/01, de 23/04/01 a 29/04/01 e de 30/04/01 a 06/05/01.

3.2.1- Comparação gráfica entre os dias do ICCS.

As figuras 07 e 08 apresentam, respectivamente, as DHT_{V1} 's de 4 dias úteis de 4 semanas distintas, e as DHT_{V1} 's de 3 dias de final de semana do ICCS.

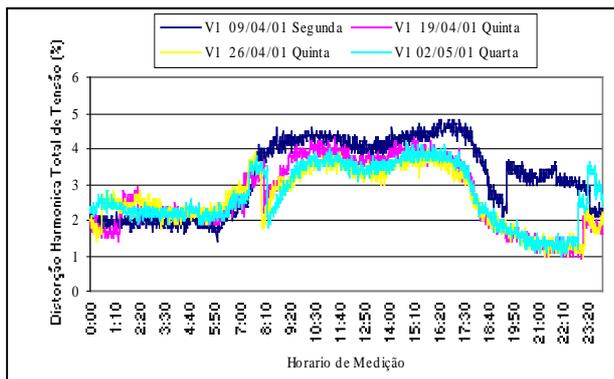


Figura 07– DHT_{V1} 's de 4 dias úteis de 4 semanas distintas

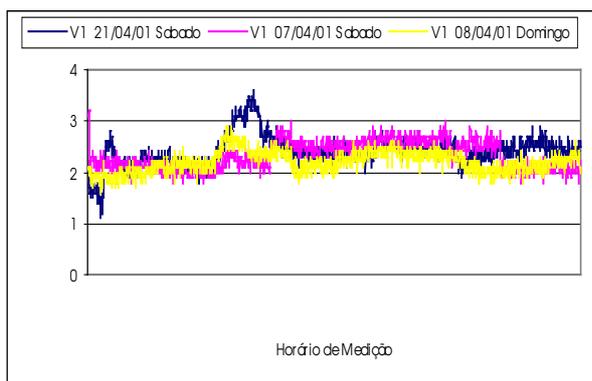


Figura 08– DHT_{V1} 's de 3 dias de final de semana

Observa-se da análise dos perfis da figura 07, que há semelhança ponto a ponto no período das 8:00 às 18:00 horas, para os dias 19/04/01, 26/04/01 e 02/05/01. Visualiza-se, considerando-se o mesmo conjunto de 3 dias supracitados, um intervalo de aproximadamente 30 minutos, que tem início às 23:00 horas, com patamares de DHT_{V1} 's entre 2.5% e 3.5%. O dia 09/04/01, Segunda-feira, apresenta para o período comercial, um perfil com valores de DHT_{V1} 's próximos a 4.5%. Ainda nesta Segunda-feira, às 19:00 observa-se uma elevação das DHT_{V1} 's, que alcança a ordem de 3.5% durante um período de 3 horas consecutivas.

Na figura 08, verifica-se da análise do perfil, que se figura semelhança no período das 8:00 às 18:00 horas. As diferenças são da ordem de 15% nos valores de DHT_{V1} 's entre os três dias. No dia 21/05/01, Sábado, às 6:00 horas entra uma carga que eleva a DHT_{V1} 's à ordem de 3.2% durante o período de 1 hora. Neste e nos demais

dias de final de semana em estudo, as DHT_{V1} 's atingem patamares próximos de 2,5% durante o período comercial. Neste mesmo período, nos dias úteis em estudo, as DHT_{V1} 's atingem patamares próximos de 3,7%.

Os maiores valores, representativos aos demais, são recomendáveis à quantificação e qualificação das distorções harmônicas. Desta forma, conclui-se que dias de final de semana não se caracterizam como os melhores intervalos para se efetuar as avaliações mencionadas.

3.2.2 - Análise dos valores médios e desvios padrão entre os dias do ICCS.

A figura 09 apresenta, as médias diárias e os seus respectivos desvios padrão das DHT_{V1} 's dos dias úteis do intervalo de 24 horas do ICCS.

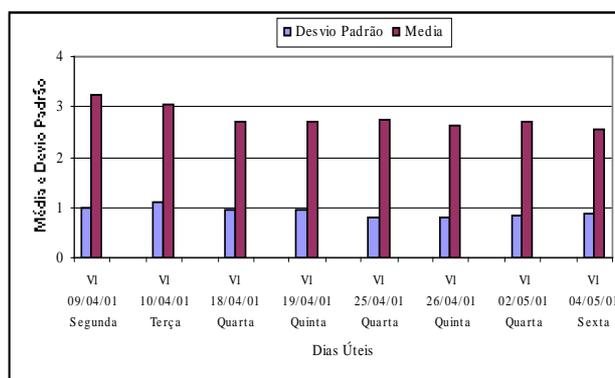


Figura 09 – Média e Desvio Padrão de dias úteis

Da figura 09, pode-se registrar que as médias das DHT_{V1} 's encontram-se entre 3.3%, dia 09/04/01, Segunda-feira, e 2.54%, dia 04/05/01, Sexta-feira. Os desvios padrão encontram-se entre 0.8%, dia 25/04/01, Quarta-feira, e 1.1%, dia 10/04/01, Terça-feira.

Em virtude da verificação da existência de conjuntos de dias com patamares de DHT_{V1} 's distintos, serão criados, com vista a uma análise isolada, dois grupos, a saber: grupo01 contendo dias úteis da semana de 09/04/01, Segunda-feira, a 11/04/01, Sexta-feira; e o grupo 02 composto pelos dias úteis das outras 3 semanas.

Entre os dias do grupo 1 encontra-se uma variação máxima da média de 7.0%, (3,24% para o dia 09/04 e 3.01% para o dia 10/04). No que diz respeito ao desvio padrão tem-se 1.11% para o dia 10/04 como o maior valor encontrado para este grupo. Trata-se de 36.9% do valor da média. Entre os dias do grupo 2 encontra-se uma variação máxima da média de 7.3% (2,74% para o dia 25/04 e 3.01% para o dia 04/05). Quanto ao desvio padrão tem-se 0,99% para o dia 17/04 como o maior valor encontrado para este grupo. Trata-se de 35.5% do valor da média. As diferenças encontradas para os valores das médias das DHT_{V1} 's para os dias do mesmo grupo são da ordem de 7,1%. Entretanto, se considerarmos o conjunto de dados como um único grupo encontramos diferenças dos valores das médias da ordem de 23.2%. Isso indica semelhança entre os valores da

média dentro do mesmo grupo. Porém, verifica-se discrepâncias entre os valores do grupo 1 e do grupo 2.

No presente momento, cabe ressaltar que os dias compreendidos entre 09 e 11 de abril, antecedem um feriado nacional, Sexta-feira Santa. Desta forma, este grupo fica caracterizado como um período com peculiaridades que podem ser relevantes no comportamento das DHTv's. Contudo, para se concluir quanto à causa dos elevados valores de DHTv's nesta semana, seria necessária uma análise criteriosa envolvendo o tipo de cada carga e o seu horário de utilização, dentro de cada edifício em análise.

3.2.3- Análise dos P95% entre os dias do ICCS.

A figura 10 apresenta os valores de P95% da fração de dias úteis do ICCS.

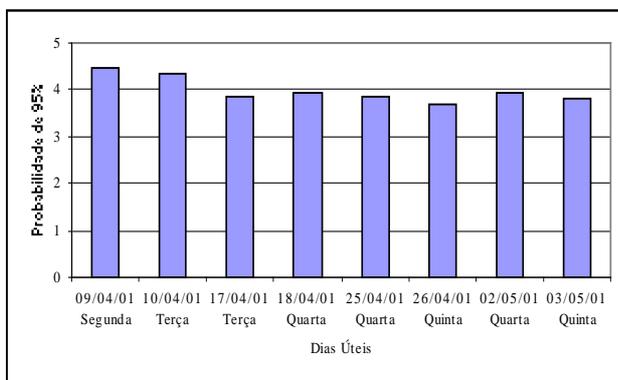


Figura 10 - Probabilidade de 95% de dias úteis

Observa-se da figura 10, a divisão dos dados nos mesmos dois grupos citados no item anterior. Os dias do grupo 1 apresentam valores de P95% da ordem de 3.86%, e do grupo 2, próximos a 4.40%. Ressalta-se que os valores de P95% são consideravelmente maiores aos valores da média de 24 horas nos dois grupos.

Da análise de P95%, confirma-se que a média não está sendo representativa aos períodos onde os patamares das DHTv's alcançam seus maiores valores. Essa grande desproporção se dá devido a não similaridade ponto a ponto das DHTv's entre os conjunto de dias fora do período comercial.

3.2.5 – Análise da média e desvio padrão em período comercial do ICCS.

De acordo com os objetivos estabelecidos neste trabalho, tendo sido comprovada a similaridade entre 24 horas de um dia, busca-se agora um intervalo mínimo de medição no qual se possa obter um valor representativo aos dados de um dia. Observa-se das figuras 01 e 05, que o período comercial, das 09:30 às 17:30 horas, apresenta as maiores intensidade das DHT_{V1}. Isto pode ser confirmado pelos dados apresentados na tabela 1.

Tabela 01 – Médias e desvios padrão de 12 e 24 horas

	Período de 24 horas	Período comercial
Data		

	Média de V1	Desvio Padrão de V1	Média de V1	Desvio Padrão de V1
02/05/01 Quarta	2.706	0.822	3.637	0.198
26/04/01 Quinta	2.612	0.803	3.346	0.380
19/04/01 Quinta	2.696	0.962	3.689	0.359
09/04/01 Segunda	3.238	1.002	4.258	0.232

Da tabela 01, tomando-se como exemplo o dia 19/04/01, Quinta-feira, quando a média salta de 2,7% (calculada a partir dos dados coletados em 24 horas), para 3,7% (período comercial), pode-se observar um aumento da ordem de 27%.

Logo, conclui-se que, no período comercial, as DHTv's apresentam maiores intensidades. Neste período, os desvios padrão apresentam menores valores em relação às 24 horas, indicando que houve menor variação em torno da média.

3.2.6 – Análise de P95% em período comercial do ICCS.

A tabela 02 apresenta a probabilidade de 95% para 12 e 24 horas de dias úteis e de final de semana.

Tabela 02- Probabilidade de 95% para 24 horas e período comercial

Dia	P95% de DHT _{V1}	
	24 horas	Período comercial
02/05/01 Quarta	3.9280	3.8725
09/04/01 Segunda	4.4673	4.5880
19/04/01 Quinta	3.9030	4.0544
26/04/01 Quinta	3.6748	3.8945

Da tabela 02 observa-se que as diferenças entre os valores de P95% calculados a partir de 12 e 24 horas são muito pequenas.

Pela comparação entre os valores encontrados entre o índice de P95% e a média, do dia 19/04/01, Quinta-feira, calculada a partir de 24 horas, observa-se que a diferença é da ordem de 59,7%. Considerando-se o período comercial, a diferença é da ordem de 33,3%. Logo, observa-se que, a média tende ao P95%, quando se elimina da análise os valores fora do período comercial.

3.2.7 - Análise das médias e desvio padrão do intervalo de 1 em 1 hora do ICCS.

Ainda, visando a determinação do período que melhor representa os maiores valores de DHTv, dividiu-se o período de 24 horas, por outro menor, em intervalos iguais de 1 hora. Calculou-se as médias e os desvios padrão para cada hora. Com esses dados construiu-se o gráfico de barras da figura 11, referente aos dados considerando-se o período de 24 horas de um dia típico (Quinta-feira – 26/04/01) do ICCS.

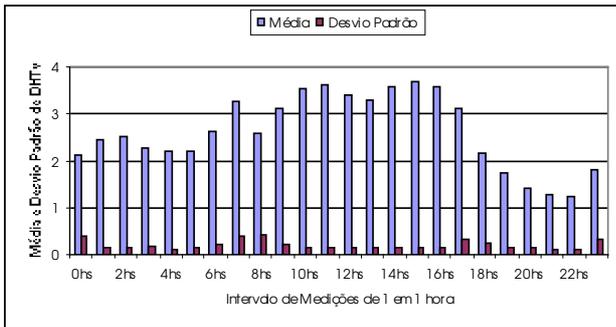


Figura 11 - Médias e os desvios padrão das DHT_{v1} (quinta-feira)

Da figura 11, observa-se que as médias horárias dos valores de DHT_{v1}, considerando-se o intervalo de 10:00 às 18:00 horas, oscilam entre 3.66% e 3.1%, quanto ao desvio padrão, o maior valor encontrado neste intervalo é igual a 0.481% (entre 8:00 e 9:00 horas), este patamar representa 14.7% da média.

Considerando-se às 24 horas, constata-se que o menor valor da média horária é igual a 1.233% (entre 22:00 e 23:00 horas). Comparando-se este valor à maior média, 3.665% (intervalo de 15:00 às 16:00 horas), encontra-se uma variação da ordem de 66.3%. Compreende-se que a escolha do horário de medição, é um fator preponderante na quantificação e qualificação do local em estudo.

Logo, sugere-se, para ambientes universitários com características semelhantes ao em estudo, como resultado de todas as análises efetuadas até então, que o período de 10:00 às 16:00 horas seja utilizado para o cálculo do valor representativo aos maiores patamares de DHT_v's medidos.

3.3 - Análise da Frequência de Aquisição

Para se concluir quanto à análise da frequência de aquisição, 2 métodos serão utilizados: análise gráfica das curvas dos valores instantâneos das DHT_{v1}, e análise dos valores médios e desvios padrão. Os 2 critérios serão aplicados aos conjuntos de dados formados a partir dos seguintes intervalos de aquisição: de 1 em 1 minuto, de 5 em 5 minutos, de 10 em 10 minutos, de 15 em 15 minutos, de 20 em 20 minutos, de 30 em 30 minutos, de 1 em 1 hora, e de 2 em 2 horas.

Para se ter uma visualização mais precisa das curvas, dividiu-se a plotagem em 2 grupos: *grupo 1* – inclui os intervalos de 1 em 1 minuto até o intervalo de 15 em 15 minutos, e o *grupo 2* – inclui os intervalos de 15 em 15 minutos até o intervalo de 2 em 2 horas.

Já constatada a similaridade entre os dias, escolheu-se para a análise da frequência de aquisição uma quinta-feira dia 26/04/2001.

3.3.1-Análise gráfica da frequência de aquisição do ICCS

Deseja-se nesta análise gráfica, verificar se as curvas dos intervalos adotados assemelham-se ou não a do intervalo de 1 em 1 minuto. Para tanto plotaram-se os

gráficos das figuras 12 e 13, que ilustram as DHT_{v1} da quinta-feira dia 26/04/2001 no ICCS.

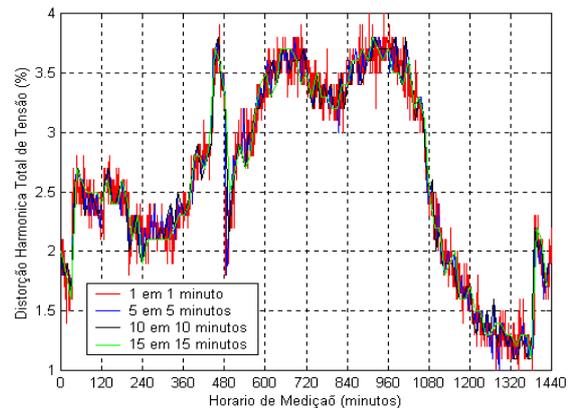


Figura 12 - Curvas das DHT_{v1} dos intervalos do grupo 1

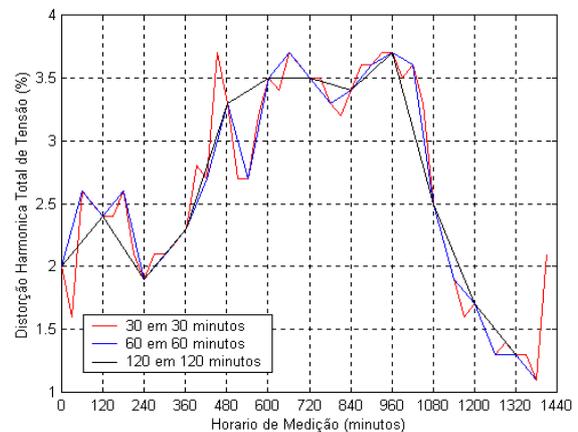


Figura 13 - Curvas das DHT_{v1} dos intervalos do grupo 2

Da figura 12, constata-se que as curvas para as frequências de aquisição do grupo 1, superpõem-se em todo o intervalo de 24 horas.

Da figura 13, que apresenta as curvas do grupo 2, observa-se que os perfis das curvas não se assemelham.

3.3.2- Análise das médias e desvios padrão do ICCS, para diferentes frequências de aquisição

A tabela 4 apresenta os valores das médias das DHT_{v1} e seus respectivos erros e desvios padrão para os diversos intervalos de aquisição de dados.

Tabela 04 - Frequência de aquisição das DHT_{v1} das 12 horas do ICCS.

Frequência de Aquisição (em minutos)	Quinta-feira 26/04/2001	
	Média para o Período comercial	Desvio Padrão para o Período comercial
1 em 1	3.492	0.197
5 em 5	3.491	0.192
10 em 10	3.490	0.188
15 em 15	3.484	0.179
30 em 30	3.500	0.163
60 em 60	3.463	0.185

120 em 120	3.425	0.263
------------	-------	-------

Da tabela 4 nota-se que as médias e os desvios padrão apresentam valores próximos entre si.

Logo, da análise da frequência de aquisição, observa-se que, para a reprodução do perfil das DHT_V , medições acima de intervalos de 15 em 15 minutos, comprometem os resultados. Contudo, em relação às médias e aos respectivos desvios padrão, intervalos com espaçamento de 1 em 1 minuto até 1 em 1 hora, apresentam valores muito próximos entre si.

4. QUALIFICAÇÃO DAS DISTORÇÕES HARMÔNICAS TOTAIS DE TENSÃO

Objetivando uma avaliação qualitativa dos dados oriundos da medição, buscou-se compará-los com os limites estabelecidos pelas normas do IEEE-519 e Européia-EN50160, e à Recomendação Brasileira.

Inicialmente serão citadas, sucintamente, as informações relacionadas à metodologia empregada por cada norma, no quesito distorções harmônicas totais de tensão.

4.1. Avaliação do ICCS

4.1.1. Norma IEEE-519

Esta norma relata que em um período de uma semana, o limite máximo de distorção harmônica total de tensão de 5%, não deverá ser transgredido em um período superior a uma hora.

As figuras 14 e 15 apresentam, respectivamente, os gráficos da distribuição de probabilidade e do tempo acumulado da ocorrência de valores de DHT_{V_i} 's no ICC Sul, calculados a partir de dados de 6 dias consecutivos. O banco de dados utilizados para análise possui 4 dias úteis, de 24/04/01, Terça-feira, ao dia 27/04/01, Sexta-feira, e 2 dias de final de semana, 28/04/01 e 29/04/01, Sábado e Domingo, respectivamente.

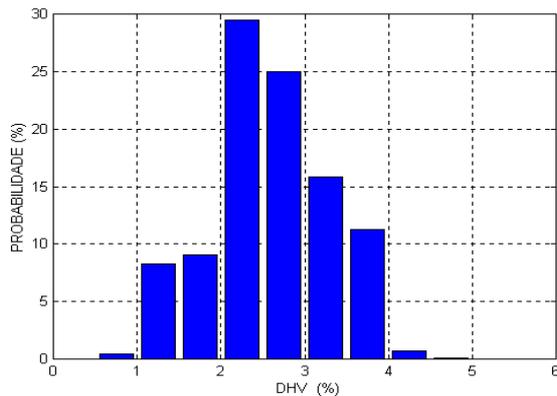


Figura 14 – Probabilidade da ocorrência de valores de DHT_{V1} 's

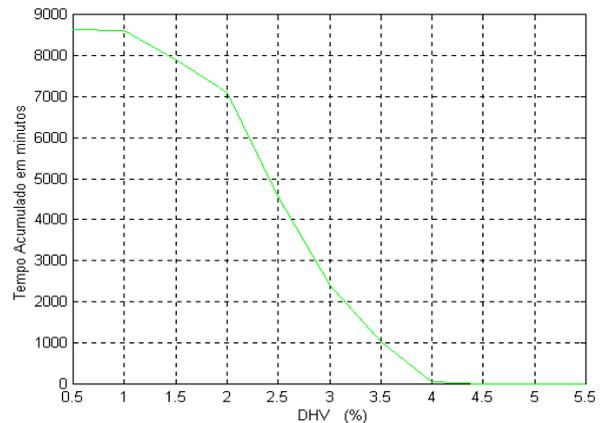


Figura 15 – Tempo acumulado em minutos da DHV

Da figura 14 pode-se observar que aproximadamente 54% das DHT_{V_s} encontram-se entre 2.00 e 3.00%, e 28% entre 3.00 e 4.00%.

Na figura 15, observa-se que em todo intervalo a distorção harmônica total de tensão permaneceu inferior a 5%. Como o limite é estabelecido para o máximo de 60 minutos, conclui-se que o ICCS obedece aos requisitos mínimos exigidos pela norma IEEE-519.

4.1.2. Recomendação Brasileira

Esta recomendação estabelece um limite máximo para a distorção harmônica total de tensão de 6%, e este não deve ser excedido em nenhum ponto do sistema elétrico. A tabela 05 apresenta os valores mínimo, médio e máximo para a distorção harmônica total de tensão.

Tabela 05 – Resultados da análise dos valores de DHT_V

	DHT_V (%)
Mínimo	2,30
Médio	2,63
Máximo	4,10

Após analisar os dados apresentados na tabela 05, verificou-se que no período de uma semana de medição, não foram detectadas ocorrências de valores superiores a 6% de distorção harmônica total de tensão em relação à fundamental.

Logo, o ICCS enquadra-se ao grupo de consumidores com valores abaixo aos patamares máximos exigidos pela Recomendação Brasileira.

4.1.3. Norma Européia - EN50160

Nesta norma os dados devem ser colhidos durante uma semana, com um período de 10 minutos de amostragem, onde 95% dos valores medidos deverão estar dentro dos níveis de compatibilidade por ela fixada. Além disso, a distorção harmônica total de tensão não pode exceder 8%.

Após analisar os dados, verificou-se que, não foram detectadas ocorrências de valores superiores a 8% de distorção harmônica total de tensão em relação à fundamental. O valor de DHT_v com a probabilidade de 95% de ocorrer, na semana em estudo, foi 3,80%, inferior ao nível de compatibilidade de 8%.

A EN50160 determina limites para distorções harmônicas individuais de várias ordens. Porém, este trabalho ateu-se apenas ao cálculo da distorção harmônica total de tensão.

Logo, o ICCS obedece aos requisitos exigidos pela Norma EN50160.

5. CONCLUSÕES

Caso esteja-se buscando obter do perfil das DHT_v do ambiente em estudo, 1 dia útil completo de medição é suficiente. Porém, se o objetivo concentra-se na obtenção de valores representativos aos apresentados nos períodos de máximos patamares das DHT_v, sugere-se a análise no intervalo de medição das 9:30 às 17:30 horas, para o dia supracitado.

Das análises efetuadas, verificou-se similaridade entre as fases na totalidade dos dias. Logo, qualquer uma das três fases pode ser utilizada como representativa às demais.

Da análise da frequência de aquisição, observa-se que, para a reprodução do perfil das DHT_v, medições acima de intervalos de 15 em 15 minutos, comprometem os resultados. Contudo, em relação às médias e aos respectivos desvios padrão, intervalos com espaçamento de até 1 em 1 hora, apresentam valores próximos entre si.

Quanto à qualificação dos dados medidos para o ICCS, utilizou-se os limites preestabelecidos pelas normas IEEE-519, Européia EM50160, e a Recomendação Brasileira. Verificou-se que o ambiente obedece aos requisitos exigidos pela Recomendação Brasileira, Norma Européia – EM 50160 e norma IEEE-519. Todos os resultados acima mencionados, se prestam para os demais edifícios analisados neste estudo.

Embora os resultados obtidos não possam ser imediatamente generalizadas para outras cargas, a metodologia apresentada pode ser de grande utilidade para empresas e profissionais interessados na

quantificação e na qualificação das distorções harmônicas de tensão e corrente.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] **Bueno, A. F. M.; Ribeiro, T. N.** Problemas na Qualidade da Energia Suprida - Um Estudo de Caso, Diagnóstico e Proposta de Solução, I Seminário Brasileiro de Qualidade da Energia Elétrica, Uberlândia, pp. 23-27, Junho, 1996.
- [2] **GCOI/SCEL/GTEE.** Critérios e Metodologias para o Atendimento a Consumidores com Cargas Especiais. XII Seminário Nacional de produção e transmissão de energia elétrica, Recife, 1993.
- [3] **Lima, A. G. G.; Ross, R. P. D.; Guarini, A. P.; Lourenço, P.; Mello, A. J. C.** Fornecimento à Indústria Metalúrgica que Utiliza Fornos de Indução. Seminário Brasileiro da Qualidade de Energia Elétrica, Uberlândia, Brasil, 1996.
- [4] **IEEE - Standarts 519** - "Recommended Practices and Requirements for harmonic control in Electrical Power System", June -1993.
- [5] **Reid, W. E.** et all. Power Quality Issues Standarts and Guidelines. IEEE - IAS, Annual Pulp & paper Conference, June -1994.
- [6] **Bergeron, R.** et all. Análise da Norma IEC 1000-4-7 para Medição do Nível de Harmônicos. Eletricidade Moderna, No 266, pág. 125-133, Maio, 1996.