

# Mapa de ruído de Guimarães Comparação e validação dos resultados obtidos através de um método de simulação automático

M. Almeida<sup>a</sup>, L. Bragança<sup>b</sup> M. Nogueira<sup>c</sup>

<sup>a,b</sup> *Departamento de Engenharia civil, Universidade do Minho, Azurém 4800-058, Portugal, [malmeida@civil.uminho.pt](mailto:malmeida@civil.uminho.pt), [braganca@civil.uminho.pt](mailto:braganca@civil.uminho.pt)*

<sup>c</sup> *Câmara Municipal de Guimarães, Largo Cónego José Maria Gomes 4800-419, Guimarães, Portugal, [nogueira56@hotmail.com](mailto:nogueira56@hotmail.com)*

**RESUMO:** A recente Directiva Europeia 2002/497CE do Parlamento Europeu, tal como a legislação nacional, determina a elaboração de mapas de ruído para áreas residenciais de 5 em 5 anos e para cidades com mais de 250 000 habitantes. Estes mapas vão determinar e quantificar de que modo as pessoas são perturbadas pelo ruído circundante. Contudo, não existem normas europeias para avaliação de ruído ambiente. Cada país é responsável pela definição dos seus próprios métodos de avaliação. Mas, em algumas situações, diferentes métodos podem levar a grandes diferenças entre os níveis de ruído resultantes e os realmente observados.

Devido a legislação recente, Portugal está agora a dar os primeiros passos na elaboração de mapas de ruído e, dado também não existirem normas Portuguesas que estabeleçam o procedimento a adoptar, estão a surgir algumas dificuldades na escolha do método de avaliação do ruído ambiente.

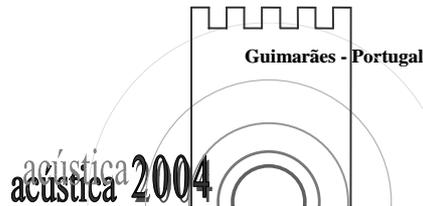
O objectivo desta comunicação é mostrar os resultados obtidos na realização de um trabalho onde foi avaliada a precisão de um comum método de previsão comparando os resultados obtidos com as medições “in situ”.

Para além disso, pretende-se também apontar os resultados de alguns estudos de sensibilidade efectuados no sentido de determinar os parâmetros que maior influência têm na obtenção de um correcto mapeamento e com os quais os projectistas terão que ter especial cuidado. Será também feita alusão à forma como esses parâmetros afectam o resultado final.

**ABSTRACT:** Recent European guidelines, as well as national legislation, make mandatory the elaboration of strategic noise maps for residential areas every five-year for cities with more than 250 000 inhabitants. These maps will help to determine and quantify in what way people are annoyed and disturbed by the surrounding noise. However, there are no European standards for the determination of outdoor noise. Each country is responsible for the definition of its own evaluation methods. But, in some situations, the available methods can lead to great differences in the resulting sound levels that can go up to 10 dB(A). Due to very recent legislation, Portugal is now giving the first steps in producing noise maps and some difficulties in choosing the noise evaluation methodology are arising. The aim of this work is to evaluate the accuracy and versatility of a common prevision method by comparing the results obtained by simulation with those obtained with on-site measurements. It is also a goal of this paper to enlighten the critical points where and when the majors differences between these two methodologies occur through the elaboration of some sensitivity studies.

## 1. RUÍDO AMBIENTAL

O som é parte integrante do nosso dia a dia e por isso, raramente nos apercebemos da sua importância. Frequentemente, na sociedade moderna, o som é um factor de incomodidade e desconforto e começa a ser considerado como algo muito importante para o bem-estar físico e psíquico dos indivíduos. O desenvolvimento tecnológico conduziu a um aumento



significativo dos níveis sonoros produzidos por máquinas, tráfego, fábricas, etc. A consciência de tal facto generaliza-se e as preocupações resultantes deixaram de ser só do foro das classes sociais mais informadas, passando a ser também assunto de interesse para o cidadão comum, ficando para trás a ideia de aceitação por parte do público de que o ruído é consequência directa da evolução tecnológica e da urbanização, sem considerar a luta contra o mesmo como prioritária. É necessário que sejam dados passos no sentido de reduzir os níveis de ruído de modo a caminharmos para um ambiente mais equilibrado e saudável.

## 2. OBJECTIVOS

Face à falta de normas que ditem regras a seguir na elaboração de mapas de ruído e tendo em conta a actual e recente legislação [1,2] que aponta para a obrigatoriedade da sua execução, é um objectivo desta comunicação fornecer alguma informação sobre a execução de um mapa de ruído com um programa de simulação automático e comparar os resultados obtidos numa determinada zona de Guimarães com valores obtidos experimentalmente para essa mesma zona. Pretende-se também evidenciar a influência de diversos parâmetros (como a intensidade e tipo de tráfego, a velocidade, a largura das ruas, a altura dos edifícios, a percentagem de pesados, etc.) no resultado final de um cálculo automático e alertar para os cuidados básicos a ter em aplicações semelhantes, de forma a ter uma representação gráfica dos níveis sonoros o mais aproximada da realidade. De uma forma sintética, poder-se-ão definir os objectivos nos seguintes aspectos: i) avaliar a precisão e versatilidade de um modelo teórico; ii) saber quais os parâmetros que mais influenciam o resultado final; iii) saber quais os cuidados a ter na elaboração de mapas de ruído, em moldes semelhantes.

## 3. METODOLOGIA UTILIZADA

Para a realização do trabalho [3], o modelo de simulação utilizado foi o MITHRA [4] aplicado a uma zona restrita da área urbana do concelho de Guimarães.

Para esta zona, avaliou-se o ruído ambiental, por duas vias: através do modelo referido e através de medições “in situ” realizadas em pontos representativos.

Os resultados experimentais foram em seguida comparados com os resultados previstos pelo modelo de simulação de forma a avaliar as principais diferenças e identificar os parâmetros mais relevantes, que terão de ser objecto de atenção especial aquando da realização de mapas de ruído com modelos de simulação.

A metodologia utilizada pode resumir-se no seguinte: obtenção de valores através da aplicação do modelo ao caso prático; realização de medições em pontos representativos; comparação dos valores obtidos nas medições com os valores obtidos por simulação; estudo de sensibilidade dos parâmetros intervenientes no cálculo automático.

### 3.1 Modelo Teórico

MITHRA [4] é um pacote de software de previsão de níveis sonoros. Tem em conta factores como o desenho de edifícios, topografia local, barreiras acústicas, o tipo de solo e pode incluir efeitos meteorológicos. O modelo de propagação acústica para um espaço exterior e

particularmente em zonas construídas integra todos os parâmetros que influem na propagação, ente eles, a topografia, o terreno, características das ruas, a natureza do solo e em certos casos o vento e a heterogeneidade atmosférica. O programa baseia-se num algoritmo rápido de investigação dos caminhos acústicos entre as fontes de ruído e os receptores em meio urbano. Estes caminhos representam-se por raios que são directos, refractados, reflectidos ou uma combinação destes dois últimos.

#### 4. APLICAÇÃO DO MODELO A UM CASO PRÁTICO

Na aplicação do modelo a um caso prático, com execução do mapa de ruído para a zona em estudo, utilizou-se o módulo do programa respeitante ao ruído de tráfego, por ser o que melhor se adaptava à área intervencionada, uma vez que não existem na zona outras fontes de ruído relevantes e que justifiquem a aplicação de outro módulo. Para alcançar o objectivo final organizou-se o trabalho da seguinte maneira: i) obtenção da cartografia e análise da mesma; ii) delimitação da zona de intervenção; iii) preparação das cartas; iv) recolha de dados; v) confirmação dos dados obtidos e do trabalho efectuado "in situ"; vi) introdução de dados no programa; vii) obtenção dos resultados.

Os valores dos níveis sonoros obtidos por simulação podem ser fornecidos sob a forma de mapas com legenda nos quais existe uma relação entre cores, padrões e classes de níveis sonoros (Figura 1).

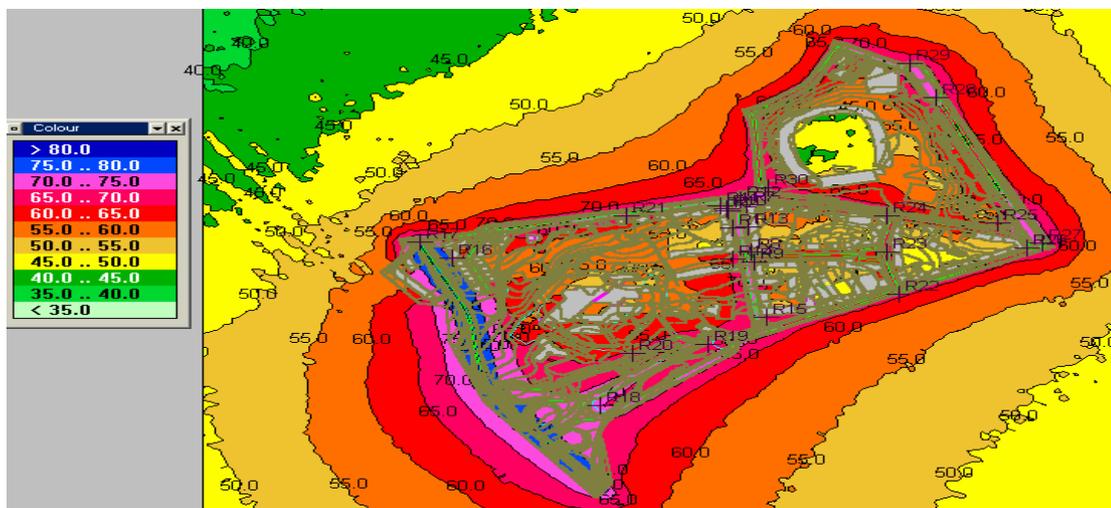


Figura 1 – Mapa horizontal da área de trabalho

O programa permite também obter o valor do nível sonoro em determinados receptores previamente definidos. Foi com base nos valores obtidos para esses receptores que se estabeleceu a comparação com os valores das medições "in situ".

As medições "in situ" foram efectuadas ao longo de aproximadamente um mês, em período diurno, e para o período compreendido entre as 18h e as 20h, por se considerar que era o mais desfavorável em termos de ruído de tráfego. Esta decisão teve como base um conhecimento

profundo dos hábitos da cidade, caso contrário teriam que ser efectuadas medições mais alargadas e em diversos períodos para se poder caracterizar o local. Uma vez obtidos os valores simulados e os medidos, estes foram comparados entre si para averiguar a eficácia do método de previsão. Na figura 2, mostra-se, a título de exemplo, essa comparação.

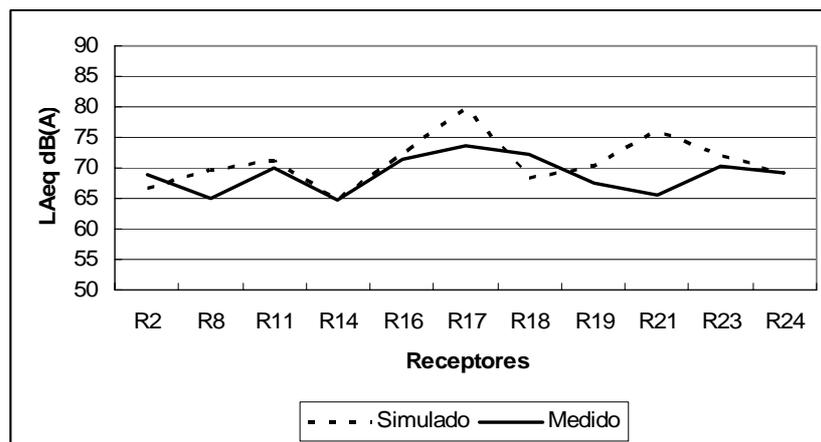


Figura 2 – Comparação entre os valores obtidos pelo programa e os obtidos “in situ”

Verifica-se que, na generalidade dos casos, os valores obtidos por simulação são superiores aos valores medidos chegando as diferenças, em alguns casos, a ser significativas (cerca de 10 dB(A)). Conclui-se que nem sempre os modelos de simulação retratam a realidade com rigor. Concluiu-se que as principais diferenças ocorrem essencialmente em pontos singulares como cruzamentos, passagens desniveladas e locais de confluência de vias com tráfego intenso. Por tal motivo torna-se necessário completar os mapas calculados com medições adicionais. Outro aspecto que ficou evidenciado neste estudo e que se torna necessário ter em consideração, é o relacionado com as contagens de tráfego quando este não é uniforme. Essencialmente é necessário ter cuidado na caracterização do ruído de tráfego no tempo. Sabendo que a variação do tráfego implica variação dos níveis de pressão sonora seria de todo insensato tentar caracterizar um local através da obtenção de contagens num curto espaço de tempo. O ideal seria um conhecimento alargado do local a estudar que permitisse tal caracterização ou a recolha dos elementos pretendidos pelo menos durante um ano, no caso de não existirem contagens efectuadas pelo IEP.

## 5. AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE DIVERSOS PARÂMETROS NA ELABORAÇÃO DE MAPAS DE RUÍDO. ESTUDO DE SENSIBILIDADE

Com base nos resultados obtidos chegou-se à conclusão que nalgumas situações existiam discrepâncias relevantes entre os valores simulados e os obtidos nas medições “in situ”. A partir daí, partiu-se para a análise de diversas situações e dos diferentes parâmetros intervenientes no programa de modo a identificar os que maior influência têm no resultado

final e, por isso, dar a conhecer os parâmetros que terão de ser objecto de atenção especial aquando da realização de mapas de ruído com modelos de simulação. Os parâmetros analisados foram os seguintes: intensidade de tráfego; velocidade de circulação; modo de deslocação do tráfego; tipo de pavimento; intensidade de tráfego de pesados; malha de cálculo; número de raios; largura das ruas; altura dos edifícios.

### 5.1 Estudo de sensibilidade

Dos vários parâmetros analisados, o primeiro a ser estudado foi a influência da intensidade de tráfego. Foram estudadas duas situações adicionais relativamente à situação real: redução do tráfego em 20 % e aumento do tráfego em 30 %. Os resultados obtidos constam da figura 3. Da análise efectuada conclui-se que fazendo variar a intensidade de tráfego através de um aumento ou diminuição do mesmo, há um aumento ou diminuição da potência sonora na proporção directa da variação do tráfego. Por esse motivo, é necessário muito cuidado na caracterização dos locais em termos de fluxo automóvel essencialmente em rotundas, vias rápidas, estradas em paralelo e cruzamentos com ou sem semáforos.

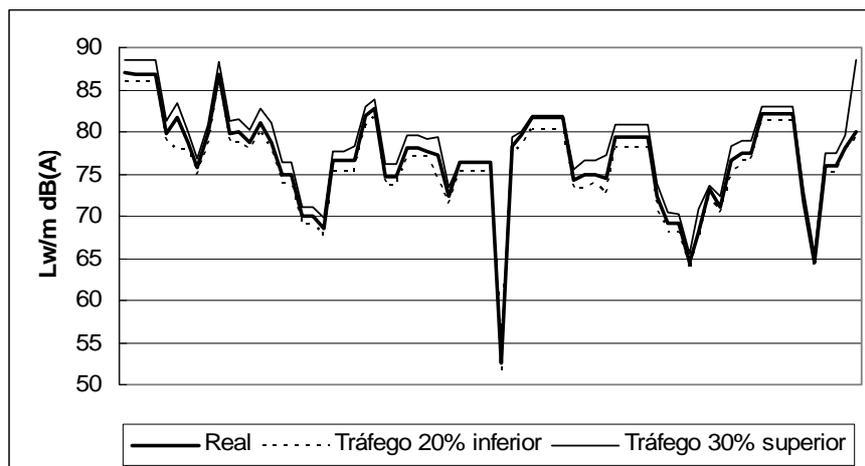


Figura 3 – Comparação das três situações: tráfego real; tráfego diminuído em 20%; tráfego aumentado em 30%.

O segundo parâmetro a ser estudado foi a influência da variação da velocidade de circulação. Foram estudadas duas situações adicionais relativamente à situação real: redução da velocidade em 20 % e aumento da velocidade em 30 %. Os resultados obtidos foram os da figura 4. A análise das várias situações permitiu concluir que o aumento da velocidade faz-se sentir mais nas ruas onde o trânsito se desloca com fluidez, sem obstáculos à sua deslocação e nas ruas com inclinação.

Analisando as duas situações já descritas, na comparação da variação da intensidade de tráfego com a variação de velocidade, esta última leva a uma maior oscilação nos valores da potência sonora nas ruas. Pode-se ainda dizer que o aumento da velocidade resulta sempre em valores de  $L_w/m$  superiores aos do aumento de tráfego. Estas conclusões, permitem referir que é mais importante cuidar da caracterização da velocidade de circulação do que da caracterização da intensidade de tráfego apesar de ambas serem relevantes.

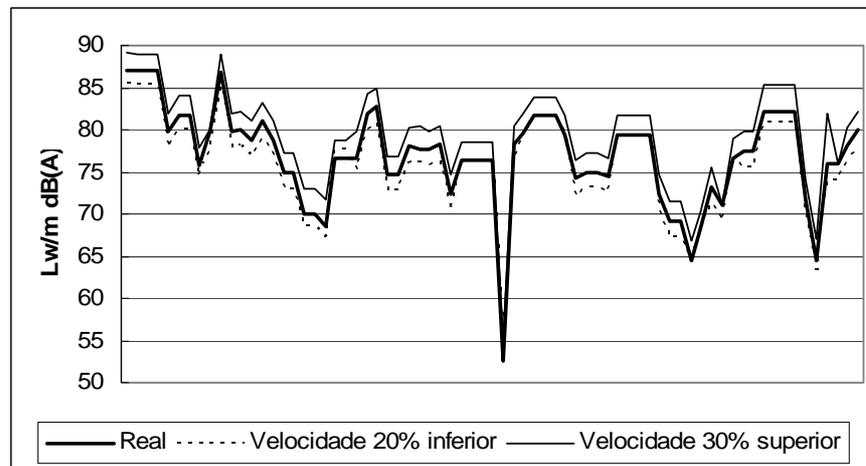


Figura 4 – Comparação das três situações de velocidade

De seguida analisou-se a influência do modo de deslocação do tráfego, ou seja, tentou saber-se quais as consequências de se ter um tráfego fluido, acelerado ou interrompido. A tabela 1 mostra alguns dos resultados obtidos nas três referidas situações.

Tabela 1 – Valores de  $L_w/m$  para o tráfego fluido, interrompido e acelerado

Rua nº	Tráfego fluido	Tráfego interrompido	Tráfego acelerado
30	77.7	79.7	80.7
38	77.3	79.3	80.3
40	79.6	81.6	82.6
45	75.0	77.0	78.0
51	77.4	79.4	80.4
53	69.1	71.1	72.1
47	73.3	75,2	76,2

Da análise dos resultados deduz-se que a situação de tráfego fluido é a que apresenta os valores mais baixos para  $L_w/m$ . Verificou-se que se nas simulações se considerar uma situação de tráfego interrompido, há um aumento de cerca de 2 dB(A) nos valores de  $L_w/m$  e que se se considerar o tráfego acelerado esse aumento é de cerca de 3 dB(A). Isto obriga a uma correcta caracterização do modo como o tráfego se desloca, principalmente, como se constatou, em pontos particulares como é o caso das rotundas.

De seguida fez-se variar simultaneamente o tipo de pavimento e o modo de deslocação dos veículos com o modo de introdução dos dados. Esta introdução pode ser manual (permitindo adaptar o modelo à realidade), automática (onde o programa origina valores mais inflacionados) ou automática para a situação de máximo ruído (opção que deve ser utilizada nos semáforos para melhor representar a situação do arranque do veículo). Os valores de  $L_w/m$  obtidos são os indicados na tabela 2 para uma das ruas estudadas.

O modo de deslocação do tráfego, como já visto, e o tipo de pavimento, têm significativa influência nos valores obtidos para o nível de pressão sonora. Verificou-se, como o esperado,

que os pavimentos irregulares tipo betão estriado, gravilha e calçada são os que proporcionam valores mais desfavoráveis e o asfalto aquele que conduz a melhores resultados.

Tabela 2 – Valores de  $L_w/m$  em função da variação do modo de deslocação dos veículos, modo de introdução de dados e alteração do tipo de pavimento da rua 35

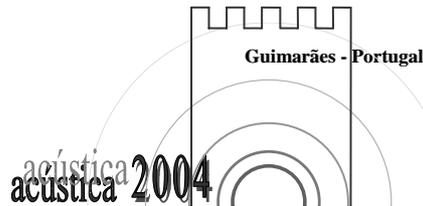
	R.35 – Rotunda da Rua da Saudade				
	$L_w/m$ dB(A)				
	Asfalto	Asfalto poroso	Gravilha	Betão liso	Betão estriado
Fluido - Manual	77.3	77.3	79.3	77.3	80.3
Fluido/Automático	85.0	81.8	87.0	85.0	88.0
Fluido máximo ruído	88.9	85.7	90.9	88.9	91.9

Quanto à análise da influência do número de pesados em circulação, conclui-se que eles alteram de forma significativa os valores de  $L_w/m$ . Por exemplo, reduzir o tráfego de pesados na Rua 1 em 3% (o que significou diminuir em 3 o número de veículos pesados em circulação) levou a uma redução da potência acústica por metro linear de 1.5 dB(A), como se pode constatar na Tabela 3 para essa e para outras ruas.

Tabela 3 – Valores resultantes da alteração do número de veículos pesados em algumas ruas

Rua	% de pesados na situação real	% de pesados na situação alterada	$L_w/m$ dB(A) Situação	$L_w/m$ dB(A) Situação	Diferença de valores dB (A)
1	5	2	87.1	85.6	1.5
6	2	5	81.8	82.7	0.9
22	3	6	76.6	77.4	1.2
30	3	5	77.7	78.3	1.4
43	2	5	79.3	80.2	0.9
58	1	3	71.1	71.8	0.7

Por último, dos restantes parâmetros analisados chegou-se à conclusão que fazendo variar a largura das ruas ou a altura dos edifícios ou fazendo variar a malha de cálculo ou o número de raios considerados nas simulações, o resultado final não vinha significativamente alterado permitindo, por isso, uma menor preocupação na sua definição.



## 6. CONCLUSÕES

Os mapas de ruído são um instrumento de inegável valia no planeamento estratégico e podem considerar-se como uma ferramenta útil no planeamento e distribuição do tráfego com o objectivo de melhorar o ambiente sonoro.

A sua realização através de modelos de simulação facilita bastante o trabalho em termos de tempo, permite uma melhor apresentação dos resultados e facilidade na sua leitura, para além de possibilitar uma constante actualização dos valores e uma previsão de níveis sonoros em função dos dados que se conhecem ou se prevêm.

Dos resultados obtidos, pode-se concluir que nem sempre os modelos de simulação retratam a realidade com rigor, essencialmente nos cruzamentos, passagens desniveladas e locais de confluência de vias com tráfego intenso. Por tal motivo, torna-se necessário complementar os mapas com medições acústicas.

Relativamente aos estudos de sensibilidade efectuados, chegou-se à conclusão que, dos vários parâmetros analisados, nem todos têm a mesma relevância e impacto na obtenção do resultado final. Constatou-se que há uns que necessitam de uma correcta caracterização sob pena de reduzirem a eficácia dos mapas de ruído elaborados sendo de destacar a caracterização do tráfego no local. Este é o aspecto mais importante a ter em conta na execução de um mapa de ruído e deve ser feito por quem tenha um conhecimento profundo do local onde se vai intervir, caso contrário pode dar origem a erros graves.

De uma forma resumida pode-se salientar os parâmetros que devem ser analisados com cuidado na elaboração de mapas de ruído, que são: a variação da intensidade de tráfego; a variação da velocidade de circulação; o modo de deslocação dos veículos; o tipo de pavimento; a percentagem de pesados em circulação e a opção entre a execução do cálculo utilizando os valores definidos pelo programa ou introduzindo manualmente os dados obtidos no local.

Existem no entanto outros que não influenciam os valores finais, tais como: a variação da malha de cálculo; a variação do número de raios; a variação da largura das ruas; a variação da altura dos edifícios desde que esta não seja excessiva.

## REFERÊNCIAS

- [1] Directiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 25/6/2002, sobre a avaliação e gestão do ruído ambiente, Diário oficial nº L 189 de 18/2002.
- [2] Regime Legal da Poluição Sonora, D.L. 292/00, de 14 de Novembro, alterado pelo D.L. 259/02 de 23 de Novembro.
- [3] Manuela Nogueira, “Análise de ruído em meio urbano e metodologia para a elaboração de mapas de ruído”, dissertação de mestrado, pela faculdade Universidade do Minho, 2004.
- [4] 0, 1 db-Stell, MVI, technologies group, web: <http://www.0,1db-stell.com>