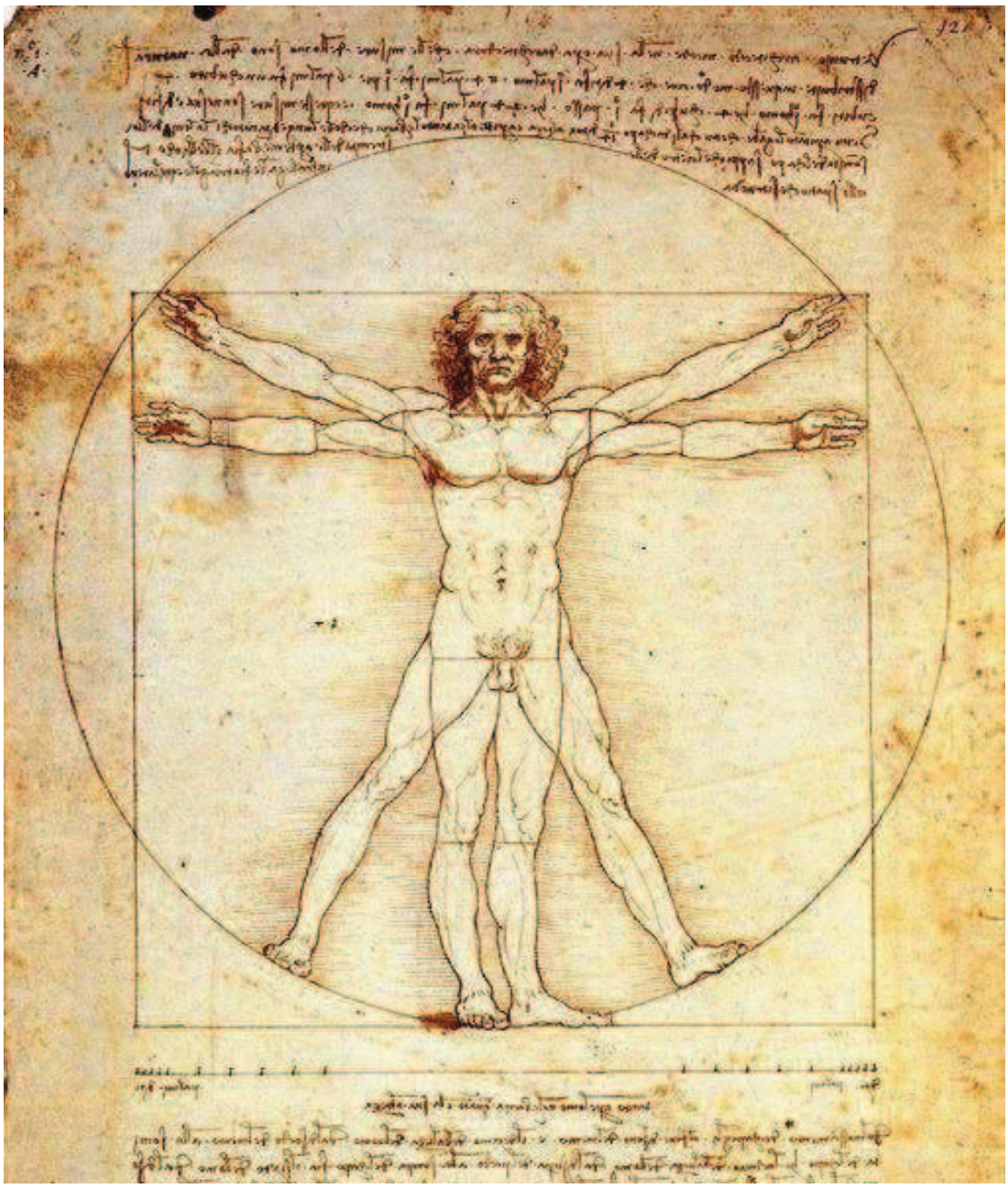
intellectus

REVISTA ACADÊMICA DIGITAL DO GRUPO POLIS EDUCACIONAL



ISSN 1679-8902 Ano VI | Nº 11 | Jul-Set 2010.

ISSN 1679-8902

INTELLECTUS. Revista do Grupo Polis Educacional.

Jaguariúna – SP: Grupo Polis Educacional.

Eletrônica

Trimestral

Inclui bibliografia

EDITORIAL

Apresentamos mais um número da Revista Intellectus, publicação científica do Grupo PÓLIS Educacional. Este número, correspondente ao terceiro trimestre de 2010, é dedicado à área de Ciências Exatas e Tecnológicas, com oito artigos da área de Engenharia.

O primeiro artigo, intitulado **A MULTIPLE-VALUED LOGIC GATE: The Quaternary Shifter Circuit with MOS transistors operating in a current mode,** é de autoria do professor Carlos Roberto Mingoto Jr., da Faculdade de Jaguariúna.

O segundo trabalho apresentado, sob o título **DETECÇÃO DO COMPLEXO QRS UTILIZANDO FPGA**, do professor Alexandre Tomazati Oliveira, da Faculdade de Jaguariúna, descreve um sistema microcontrolado implementado em FPGA que processa sinais cardíacos através de um algoritmo popular que detecta complexos QRS.

Depois, apresentamos o artigo COMANDO DE DECISÃO EM LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO**, da professora Daiana Graciela Galane Rabello, da Faculdade de Jaguariúna, que tem como objetivo central mostrar a utilização e aplicação do comando de decisão na lógica de programação através dos algoritmos, abordando suas formas de aplicação.**

O quarto trabalho, intitulado **ESTUDO ANALÍTICO/NUMÉRICO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR UNIDIMENSIONAL EM ALETAS**, é de autoria do professor Estaner Claro Romão, da Faculdade de Jaguariúna, e tem por objetivo apresentar um estudo numérico da transferência de calor unidimensional em aletas, utilizando o método das diferenças finitas centrais de ordem 2.

Em seguida, o quinto artigo, **FRICTION STIR WELDING EM LIGAS DE ALUMÍNIO**, de autoria dos professores Marcio José Cuccolo Rosales, da Faculdade de Jaguariúna, e João Luis Bilia Lopes, da Universidade Federal de São Carlos, discute o processo de soldagem FSW, comparando-o com os processos convencionais de soldagem.

Na sequência, apresentamos o trabalho do professor Lauro Luiz Francisco Filho, da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, sob o título **NOVAS CONFIGURAÇÕES URBANAS: A TERCEIRA VIA**, que analisa uma terceira via para habitar a cidade, que busca agregar a segurança dos condomínios fechados com a estrutura agradável e eficiente dos bairros.

O sétimo texto da presente edição, intitulado **COMPRESSÃO DE SINAIS DE FALA UTILIZANDO REDES NEURAIS**, é de autoria dos professores Mário Uliani Neto, da Faculdade de Jaguariúna, Faculdade Politécnica de Campinas e Fundação CPqD, professor Flávio Olmos Simões, também da Fundação CPqD, e do professor Jeremias Barbosa Machado, da Universidade Estadual de Campinas. Nele, os autores propõem uma técnica de compressão de fala baseada em quantização vetorial. No artigo, idéias gerais do problema de quantização vetorial são abordadas em conjunto com aspectos introdutórios relativos ao processamento de sinais de fala.

Finalizando o presente número, temos o artigo **DIMENSIONAMENTO DE EIXOS SUBMETIDOS À FLEXO-TORÇÃO PELO MODELO DE SONDERBERG PARA FÓRMULA BAJA**, dos professores da Faculdade de Jaguariúna, Jairo Aparecido Martins e Willian Portilho de Paiva. O trabalho dos dois autores tem como objetivo o detalhamento de uma forma didática relativa ao dimensionamento de um eixo solicitado à flexo-torção e aplicado à Fórmula Baja.

Os artigos publicados e assinados são de responsabilidade dos autores e só poderão ser reproduzidos mediante autorização expressa dos mesmos.

Boas leituras.

Editor: Prof. Dr. Rubens Pantano Filho – Polis Educacional

Editores Associados: Profª. Drª. Ana Maria Sperandio - Polis Educacional

Profª. Drª Anterita Godoy - Polis Educacional

Profª Drª Telma Dagmar Oberg - Polis Educacional

Conselho Editorial

Prof. Dr. Adauto Fernandes Marconsin – Faculdade Max Planck

Prof. Dr. André Luís Helleno – Faculdade de Jaguariúna

Prof. Dr. André Mendeleck – Faculdade de Jaguariúna

Profª. Drª. Celene Ferrari Audi – Faculdade de Jaguariúna

Prof. Dr. Derval dos Santos Rosa – Universidade Federal do ABC

Profª. Drª. Helena Cruz Oliveira – Faculdade Max Planck

Prof. Dr. José Meciano Filho – Pontifícia Universidade Católica de Campinas

Profª. Dnda. Maria Ângela Lourençoni – Faculdade Max Planck

Prof. Dr. Olavo Furtado Pudenci Furtado – Faculdade Max Planck

Prof. Dr. Pedro Luis Christiano – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Roberto Foz Filho – Faculdade de Jaguariúna

Prof. Dr. Samuel Mendonça – Pontifícia Universidade Católica de Campinas

Profª. Drª. Solange Muglia Wechsler – Pontifícia Universidade Católica de Campinas

Profª. Drª. Tércia Zavaglia Torres – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Prof. Dr. Wagner Barrela – Faculdade Max Planck

Correspondência

Núcleo de Publicação

Campus II – Rod. Adhemar de Barros – Km 127 – Pista Sul

Tanquinho Velho – Jaguariúna – SP – 13820-000

(19) 3837-8500 - http://www.seufuturonapratica.com.br/intellectus

ÍNDICE

A MULTIPLE-VALUED LOGIC GATE: The Quaternary Shifter Circuit with MOS transistors operating in a current mode 07

DETECÇÃO DO COMPLEXO QRS UTILIZANDO FPGA 14

COMANDO DE DECISÃO EM LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO 24

ESTUDO ANALÍTICO/NUMÉRICO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR UNIDIMENSIONAL EM ALETAS 33

FRICTION STIR WELDING EM LIGAS DE ALUMÍNIO 46

NOVAS CONFIGURAÇÕES URBANAS: A TERCEIRA VIA 54

COMPRESSÃO DE SINAIS DE FALA UTILIZANDO REDES NEURAIS 70

DIMENSIONAMENTO DE EIXOS SUBMETIDOS À FLEXO-TORÇÃO PELO MODELO DE SONDERBERG PARA FÓRMULA BAJA 94

EDUCAÇÃO DE SURDOS E LIBRAS: POSSÍVEIS CAMINHOS PARA A INCLUSÃO NA UNIVERSIDADE

Deaf education and Brazilian sign language: Possible paths for the inclusion at the university

Vanessa Regina de Oliveira MARTINS
Faculdade de Jaguariúna

Rita de Cássia FLORIANO
Faculdade de Jaguariúna

Resumo: O presente trabalho tem por objetivo apresentar alguns conceitos básicos sobre a área da surdez, bem como, desfazer alguns mitos referentes aos aspectos gerais da Língua de Sinais Brasileira (Libras) e da pessoa surda. O intuito é de propiciar bases para uma melhor relação entre professores ouvintes e alunos surdos, estudantes do ensino superior.
Palavras-chave: língua de sinais; surdez; educação.

Abstract: This article aims at making to present some concepts in the field of deafness, in order to deconstruct some myths related to Sign Language Brazilian (Libras) and to the deaf person. The goal is to highlight some background for a better relation between hearing teachers and deaf students of High Education.
Keywords: sign language; deafness; education.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho propõe, a partir da atuação das autoras como docentes-pesquisadoras-intérpretes do curso de Engenharia de Controle e Automação, da Faculdade Jaguariúna, promover algumas orientações e discussões que venham melhorar e esclarecer possíveis dúvidas frente à surdez e a pessoa surda inserida no ensino superior.

Antes de apresentar o objetivo geral deste trabalho cabe ressaltar uma particularidade reconhecida pelas autoras, na faculdade em questão, que se desdobram em aspectos relevantes no cotidiano de suas atuações como intérpretes educacionais; tema este que não será desenvolvido ao longo deste trabalho, mas que pode possibilitar futuros diálogos. Quando a instituição reconhece o intérprete de Libras como docente, possibilita um diálogo e

trabalho conjunto entre este e os demais docentes do curso que atuarão frente ao aluno. Como docentes ambos partilham entre si conhecimentos específicos que tem como alvo favorecer o processo de ensino e aprendizagem.

Outro aspecto também relevante é a participação do intérprete de Libras em todo o processo acadêmico proposto pela coordenação do curso de Engenharia (no caso em questão): planejamento pedagógico, formação continuada, além dos cursos específicos da área. Há uma imbricação necessária na triangulação do ensino de surdos com intérprete de Libras. Este acontecimento deve ser mais aprofundado em pesquisas, pois, em muitos casos, como já observado, o "papel" do intérprete educacional fica sem um lugar "fixo", enquanto este assume funções para além do esperado – o que para uns é um problema, para outros é questão de sobrevivência inerente a situação imposta pela própria inclusão (LACERDA, 2002; MARTINS, 2008).

Todo caso, a discussão neste artigo focará apenas as questões iniciais da surdez. Apresentam-se os pressupostos assumidos sobre a surdez, bem como, o que vem a ser a LIBRAS – Língua Brasileira de Sinais. Por fim apontam-se algumas orientações gerais que poderão facilitar a aproximação do professor ao aluno surdo no ensino superior.

A EDUCAÇÃO DE ALUNOS SURDOS NO ENSINO SUPERIOR

O que representa a surdez

> *[...] A palavra do surdo se expressa através da língua de sinais. [...] A surdez começa então a metamorfosear-se naqueles que, ainda que seu ouvido funcione perfeitamente, se tornam incapazes de escutar uma palavra que se expressa de maneira diferente da sua. É a presença do outro que escuta ou que não quer ouvir que começa a definir o "ser surdo" (BENVENUTO, 2006, p. 228).*

A surdez é caracterizada pela ausência de som/audição na vida do surdo, o que reflete mudanças na formação do sujeito. Esta experiência ocasiona, portanto, um modelo identitário diferente do padrão da sociedade majoritariamente ouvinte. Existem formas diversas de se entender a surdez e assim sendo, há constituições e produções de sujeitos distintos. Assumi-se a

surdez como uma diferença lingüística e cultural. Desta forma entende-se que a formação da identidade do sujeito surdo se dá de forma mais natural através da língua de sinais. Língua esta que, por não haver nenhum impedimento físico pode ser adquirida com maior facilidade se apresentada desde a infância, na fase de aquisição de linguagem (QUADROS E KARNOPP, 2004).

A língua(gem) permite a comunicação e a inter-relação entre sujeitos nas diferentes comunidades, e é assumida como constitutiva do sujeito, – o que difere do uso instrumental da língua, como mecanismo e ferramenta de (des)uso - pois é por meio dela que há o processo de integração e subjetivação, potencializando as reflexões individuais e coletivas. É a língua que permite ao sujeito se relacionar com o mundo, afetá-lo e ser afetado por ele (MAHER, 2007; CÉSAR & CAVALCANTI, 2007).

Na legislação (Lei no. 7.853/89, regulamentada pelo Decreto 3.298/99)[1] a surdez é caracterizada da seguinte forma: “Deficiência auditiva: perda parcial ou total das possibilidades auditivas sonoras, variando de graus e níveis na seguinte forma”:

a) de 25 a 40 dB – surdez leve
b) de 41 a 55 dB – surdez moderada
c) de 56 a 70 dB – surdez acentuada
d) de 71 a 90 dB – surdez severa
e) acima de 91 dB – surdez profunda
f) anacusía

Para além da categorização em níveis audiométricos, interessa neste trabalho, entender a constituição identitária destas pessoas, pois isso reflete nas diversas formas de relacionamento do sujeito com a linguagem e

[1] Disponível no site http://www.surdo.org.br acessado em 26 de fevereiro de 2009.

concomitantemente, a interação e as formas de comunicação estabelecidas por ele no seu cotidiano.

Algumas características comuns entre os surdos foram objetos de pesquisas e que, desta forma, permitiram pensar a tríade identidade-lingua(gem)-cultura (PERLIN, 1998). Gesueli (2006), no texto "Lingua(gem) e identidade: surdez em questão" faz uso dos cinco grupos categorizados por Perlin (1998) para pensar a formação da identidade nas pessoas surdas. Tema importante para aprofundar a questão neste texto.

> *Perlin (1998) vai além, classificando a identidade surda em cinco grupos: 1) identidade surda: aquela que cria um espaço cultural visual dentro de um espaço cultural diverso, ou seja, recria a cultura visual, reivindicando à História a alteridade surda; 2) identidades surdas híbridas: aquelas de surdos pós-locutivos, que nasceram ouvintes e se tornaram surdos; 3) identidades surdas de transição e formadas por surdos que viveram sob o domínio da cultura ouvinte (em geral, os surdos oralizados) e que posteriormente são inseridos na comunidade surda (processo de "des-ouvintização" da representação da identidade); 4) identidade surda incompleta: aquela dos surdos que vivem sob o domínio da cultura ouvinte e negam a identidade surda; 5) identidades surdas flutuantes, formadas por sujeitos surdos que reconhecem ou não sua subjetividade, mas que desprezam a cultura surda, não se comprometendo com a comunidade. (GESUELI, 2006, sem paginação).*

A partir destas reflexões teóricas, são apresentados quatro grupos que representam formas de relação do sujeito surdo com a(s) língua(s), e que mostra caminhos diferentes de lidar com a diferença eticamente presente nas mais variadas salas de aulas.[2]

- Uma preocupação corriqueira é saber se todo surdo aprende da mesma forma, se são iguais pelo fato de terem perda auditiva. E mais se os recursos e formas de comunicação devem ser a mesma. Essa é a justificativa pela elaboração destes grupos que se seguem:

[2] Vale ressaltar que estes grupos não são fechados em si mesmos. Como entendemos a transculturalidade como base primordial na formação do sujeito, é possível que surdos transitem entre estes grupos, além de existir outras formas de se fazer sujeito não descritas nesta breve apresentação.

Surdo sinalizador: Falante da língua de sinais e por meio dela estabelece as relações inter e intrapessoal, pois para este sujeito a língua de sinais é tida como meio primordial de interação. Como a língua de sinais é visual e gestual, é nesta modalidade que se dão as formas de pensamento deste sujeito. Normalmente são participantes de grupos ou comunidades surdas que partilham de interesses políticos, culturais e lingüísticos – denominado por eles de "cultura surda".

- Surdo oralizado: Não falante da Língua de Sinais; utiliza a leitura labial e pode fazer uso de "gestos" (não sendo, portanto, a Língua de Sinais em sua composição gramatical) para facilitar o entendimento da fala.
- Surdo não sinalizador e não oralizado: Surdo que não reconhece a língua de sinais e nem a língua portuguesa (fala) como meio de interação. Faz uso de "gestos" não padronizados, porém, partilhados e reconhecidos nos grupos de convívio, que surgem na emergência da comunicação.
- Deficiente auditivo: Normalmente esse tipo de nomeação é dada às pessoas que tiveram, ao longo de sua vida, perda auditiva, e por conta disso, se inscreveram num modelo oral (língua portuguesa). Essas pessoas reconhecem em si a falta de audição e buscam a reparação através da fala.

Orientações gerais

Após breve apresentação do que é a surdez, e a relação do surdo com a língua(gem), toma-se como base o trabalho realizado por Reily (2004) no livro, "Escola Inclusiva: Linguagem e Mediação", para pontuar algumas orientações gerais que podem desfazer mitos, auxiliar no trabalho e na interação do docente frente ao aluno surdo.

Espera-se que, a partir destas contribuições, possam-se abrir novas reflexões, pelo menos na instituição em que o trabalho foi realizado, e assim

outros caminhos que, quem sabe, facilitem o processo de inclusão do surdo na universidade.

Não se tem com isso a pretensão de indicar nenhuma receita pronta com “modos e modelos de fazer a inclusão e de pensar a surdez como entidade única”, menos ainda, pensar que com este trabalho esgotam-se novas propostas de desmitificação do que seja o surdo, da sua relação com a linguagem e da língua de sinais. Outros trabalhos já realizados e os novos são e serão fundamentais neste processo de trocas de saberes.

Seguem tópicos apontados na forma de perguntas, as quais são sempre questionadas em cursos e formação em que lecionam as autoras.

A língua de sinais é universal? O Alfabeto Manual é a Língua de sinais?

Essa questão é bem interessante e chave para desfazer mitos recorrentes na área da surdez.

Para o sensu comum a língua de sinais é vista como mímica ou pantomima, por isso, muitas vezes nomeada como linguagem, tida como universal. O fato de identificá-la como mímica leva a idéia de que os gestos são universalmente reconhecidos e padronizados. Disso decorre que o gesto não permite a abstração e que o surdo sinalizador tem um pensamento estritamente concreto. Por conta disso há um estigma de que o a língua de sinais é inferior à fala e que o surdo falante da língua de sinais tem limitação cognitiva.

O surdo sinalizador é referido como “falante da língua de sinais” justamente para marcar que a língua de sinais é de fato uma língua, reconhecida cientificamente por Stokoe em seus estudos lingüísticos na década de 60/70. Desde então, no Brasil, outros pesquisadores vêem estudando o status lingüístico das línguas de sinais e a importância de sua aquisição na vida do surdo (GOES, 1996; SKLIAR, 1997; SOUZA, 1998; LACERDA, 2000; FERNANDES, 2003). Após a comprovação científica dos parâmetros lingüísticos gerais (fonética, fonologia, morfologia, sintaxe, semântica e pragmática) da língua de sinais, alguns países, pela militância de

muitos estudiosos, passaram a reconhecer politicamente o direito dessas minorias lingüísticas. No Brasil, o Decreto 5.626/05 regulamentou a Lei 10.436/02, que reconhece a língua de sinais brasileira (LSB ou Libras) como língua oficial e natural da comunidade surda e dispõe na Lei os direitos de acessibilidade do surdo na educação.

Desta forma, fica evidente a impossibilidade de se ter uma língua universal, seja ela de modalidade oral ou gestual, pois a língua está atrelada a cultura de cada país e ao convívio estabelecido entre os seus falantes. Além disso, há variações dialetais (regionalismos) nas línguas de sinais o que reforça seu status de língua.

Outra questão a ser desconstruída é que o alfabeto manual (dactilologia), ou comumente conhecido como “letras do português nas mãos”, não é a língua de sinais em si. A dactilologia é um recurso que faz uma relação entre as duas línguas: orais e de sinais. Na realidade, ao fazer gestualmente letras do alfabeto, escreve-se palavras do português, só que em outra modalidade. Se o surdo não for alfabetizado o uso da dactilologia é bem limitado.

No cotidiano da língua se usa a dactilologia apenas para nomear pessoas, ruas, nomes próprios, e para apresentar ao surdo, palavras do português que ainda não possuem sinais (léxico próprio da língua de sinais). Portanto, não basta decorar as letras do alfabeto manual pensando que a língua de sinais se reduz a isso.

Quando escreve, o surdo apresenta uma estrutura gramatical idêntica à dos ouvintes?

Esse questionamento tem sido vastamente debatido e pesquisado por profissionais da área da surdez. É um tema complexo e que pode ser analisado por diferentes linhas teóricas.

Pensando esta questão de forma simples, pode-se dizer que depende da relação que o surdo estabelece com a língua portuguesa. Vários fatores

influenciam nesta relação, tais como, o modo como a língua portuguesa foi, ou não, apresentada ao surdo; o contexto lingüístico familiar, entre outros fatores.

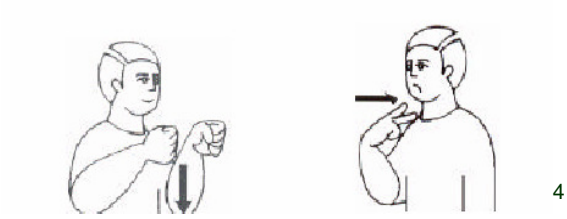
Como a língua de sinais tem uma estrutura gramatical diferente da língua portuguesa o surdo sinalizador pode fazer uso da estrutura gramatical da Libras ao redigir um texto. Estas marcas da língua de sinais podem tornar o texto do surdo aparentemente ilegível por pessoas que não conhecem a língua de sinais.

O exemplo a seguir sobre a estrutura da língua de sinais facilita o entendimento a Libras como uma língua diferente do português:

Frase 1:

(Língua Portuguesa): Não poderei ir na sua casa amanhã.

(Língua de sinais): NÃO DÁ (SINAL 1) – CASA (SINAL 2) - SUA (SINAL 3) – AMANHÃ (SINAL 4)[3]



a) Poder b)Não dá/Não posso/Ocupado

Figura 1. Exemplo de língua de sinais.

Deve-se observar que na Frase 1 o sinal escolhido foi o (b) NÃO DÁ, pois o sinal, (a) PODER, neste contexto não caberia tão bem, pois diz respeito

[3] Embora não seja favorável traduzir para a Libras usando glosas, pois pode parecer que a língua de sinais é inferior as línguas orais e com isso trazer uma imagem pejorativa ao surdo, neste caso faz-se uso para marcar a diferença de ordenação das palavras nas duas frases. Apenas um modo de marcar as mudanças estruturais das duas línguas.

[4] CAPOVILLA, Fernando César (Edit.). Dicionário enciclopédico ilustrado trilingue da língua de sinais brasileira. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2001. 832 p. 1.

à força. Mesmo tendo o sinal NÃO (não representado por imagens) + o sinal PODER a escolha pelo sinal (b) seria melhor. No entanto, na frase afirmativa o sinal (a) seria o escolhido. Outro dado importante é que o marcador de tempo no verbo é feito pelo sinal amanhã diferente da forma conjugada na língua portuguesa.

Como toda língua os vocábulos mudam, há escolhas no momento de falar e escrever, coisas que o falante faz naturalmente. Isto ajuda a observar como a Libras, por ser uma língua, também tem sinais com mais de um significado e que podem ser desvendados apenas pelo contexto – estes aspectos são escolhidos pelo falante no ato comunicativo.

Este fato deve ser considerado, uma vez que o surdo, na universidade, é convocado a expressar o seu conhecimento através de uma língua que ele pode não dominar, ou transitar nela com variantes que fogem da modalidade padrão de escrita.

Como o professor pode agir para facilitar o aprendizado do (a) surdo (a) em sala de aula?

A inserção do aluno no ambiente educacional nem sempre garante sua efetiva inclusão. Considerando as observações anteriores a respeito do surdo, pensar o aluno em sala de aula é considerar todas as especificidades que marcam essa construção no processo ensino-aprendizagem. Quando escreve o surdo tende a incorporar características da Língua de Sinais em seu raciocínio escrito, como dito anteriormente, podendo dificultar a compreensão do professor. Isso evidencia a dificuldade encontrada pelo surdo em demonstrar seu conhecimento por meio do português.

Neste caso o professor pode contar com o auxílio do intérprete na leitura do texto, pois este indicará características que são próprias da Língua de Sinais.

De acordo com a Portaria 1.679 de 02/12/1999 do MEC, os professores precisam ter flexibilidade na correção de provas escritas, valorizando o

conteúdo semântico expresso pelo aluno, e dependendo do caso, o aluno pode ser avaliado na sua língua de conforto, língua de sinais.

É importante que o professor entenda que a comunicação entre ele e seu aluno é mediada por um profissional que, em geral, não possui conhecimentos naquela área de estudo. Muitas vezes a dificuldade é do intérprete (e não do aluno) em compreender o que está sendo ensinado e isso dificulta a interpretação para o aluno. Talvez seja necessário em alguns momentos repassar a explicação de um determinado conceito mesmo que isso ocorra após a aula.

Professor e intérprete podem juntos pensar novos métodos de avaliar o aprendizado do aluno surdo, bem como atividades para o cotidiano da sala de aula que favoreçam o aluno que tem na modalidade visual a única forma de apropriação dos conteúdos ensinados.

O intérprete precisa acompanhar o aluno em provas?

O intérprete deve estar presente onde haja pessoa surda que necessite de um mediador entre línguas, para mediar a comunicação, ou seja, nas escolas, em palestras, nos tribunais, pois, "o intérprete é aquele que, tomando posição de sinalizador ou do falante, transmite os pensamentos, palavras e emoções do sinalizador, servindo de elo entre as duas modalidades de comunicação" (FENEIS, 1995, sem paginação)[5].

Antes de discutir sobre a presença ou não do intérprete durante a avaliação, segue uma explanação da atuação do intérprete educacional, suas funções e posições em sala de aula. É fundamental refletir sobre estes aspectos:

> *O intérprete educacional é aquele que atua como profissional intérprete de língua de sinais na educação. [...]*

[5] Disponível em: http://www.cultura-sorda.eu/resources/INTERPRETE_LIBRAS_FENEIS_1995.pdf. Acesso em: 26/02/2009.

O intérprete especialista para atuar na área da educação deverá ter um perfil para intermediar as relações entre os professores e os alunos, bem como, entre os colegas surdos e os colegas ouvintes. No entanto, as competências e responsabilidades destes profissionais não são tão fáceis de serem determinadas. (QUADROS, 2004, p. 59-60).

Continuando o tema da avaliação, e entendendo o intérprete educacional como mediador entre o aluno surdo, professor ouvinte e o conhecimento, sua presença durante provas, nos processos seletivos de universidades, concursos públicos e até mesmo nas provas bimestrais é um direito de acessibilidade. O surdo ao se deparar com palavras das quais desconhece os significados, ou ainda, com combinações gramaticais inerentes à língua portuguesa (frases), pode recorrer ao intérprete, que lhe explicará, de acordo com a gramática da Língua de Sinais, o que está sendo exigido na questão. Essa intervenção é de suma importância para que o mesmo possa realizar a prova com êxito. E assim, obter seus direitos lingüísticos garantidos.

De acordo com as recomendações do MEC expressas na Portaria 1.679/99 (02/12/1999, Artigo 1º, Artigo 2º e Parágrafo Único)[6], vindas da Portaria que descreve e dá providências sobre a acessibilidade de pessoas com deficiência, nº 3.284, de 07 de novembro de 2003[7], destinadas especialmente às instituições de ensino superior, considerando que não há uma universidade específica para surdos, mas há surdos em diferentes faculdades, cursando diferentes cursos, torna-se direito legal do surdo a acessibilidade – seja ela via intérprete educacional ou de outras formas - dentro da universidade.

Seguem alguns pontos destacados na legislação:

---

[6] Para verificar a Portaria na integra acessar o link: http://www.unb.br/temas/necessidades_esp/legislacao/portaria_1679_99.php. Acesso em: 26/02/2009.

[7] Disponível em: http://www.proeg.ufpa.br/projeto_pedagogico/NecessidadesEspeciais.pdf. Acesso em: 26/02/2009.

1) Deve ser um compromisso formal da instituição proporcionar, desde o acesso até a conclusão do curso quando necessário, intérpretes de língua de sinais/ língua portuguesa especialmente quando da realização de provas ou sua revisão, complementando a avaliação expressa em texto escrito ou quando este não tenha expressado o real conhecimento do aluno;
2) Flexibilidade na correção de provas escritas, valorizando o conteúdo semântico;
3) Aprendizado da língua portuguesa, principalmente, na modalidade escrita (para o uso do vocabulário pertinente às matérias do curso em que o estudante estiver matriculado);
4) Materiais de informações aos professores para que se esclareça a especificidade lingüística dos surdos.

Como proceder frente às pessoas surdas?

Deve-se falar sempre de frente para a pessoa permitindo a articulação de seus lábios, caso ela faça leitura labial; É fundamental falar com clareza, articulando as palavras, mantendo o ritmo normal. Caso a pessoa não entenda, solicitará que seja repetida pausadamente a informação.

O ato de falar deve ser acompanhado com expressividade, pois a leitura de lábios não identifica sentimentos; Não se deve gritar ou alterar a entonação de voz, pois o surdo não ouvirá. Nem todo surdo sabe fazer leitura labial, é uma técnica que depende muito da formação da pessoa surda, do treinamento que ela recebeu, assim, deve-se utilizar a escrita no caso de dificuldade de comunicação oral. Além disso, a escrita pode ser uma alternativa de comunicação.

Não se deve ter medo de se comunicar com pessoas surdas. Os surdos percebem quando são evitados; Não se inibir em iniciar uma “fala” com os surdos; eles certamente tentarão estabelecer um diálogo e serão hospitaleiros na reciprocidade dos discursos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Travessias finais e abertura de novos textos

Como todo texto é sempre um emaranhado de vozes, idéias e saberes que se cruzam, hibridizam, num espaço que precisa ser "teoricamente" delimitado por um fio condutor proposto pelo(s) autor(s). Este é mais um destes textos que apresenta algumas possibilidades de trabalho. Mostra e marca experiências ao revelar alguns caminhos, desdobrando em conhecimentos. Traça um panorama geral sobre a questão da surdez, para oferecer uma contribuição na inclusão de alunos surdos no ensino superior.

O intuito foi dialogar com o leitor alguns pontos sobre a surdez, a língua de sinais; tocar inicialmente a questão, focando principalmente nos educadores que se aventuram a experimentar o contato com a diferença surda em sala de aula. Sempre marcamos a escrita voltada ao ensino superior porque é deste lugar que falamos e temos tido a experiência de inclusão universitária. Deste modo, o texto não tem nenhuma pretensão de aprofundar a questão, mas apresentar como a surdez pode ser entendida numa vertente antropológica, como diferença lingüística e cultural. E ainda, marcar que a língua de sinais não sendo universal, nem tampouco um amontoado de mímicas, é sim regida por uma estrutura gramatical diferente do português e sendo assim, deve ser (re)conhecida pelos educadores de alunos surdos – seja eles de quais níveis educacionais forem.

Com isso pode-se pensar que o artigo objetivou oferecer um modesto suporte, portanto inicial, para a aproximação e apresentação aos professores ouvintes sobre a realidade dos alunos surdos que partilham o ensino com outros alunos ouvintes, e que demandam de outras metodologias visuais para o processo de ensino e aprendizagem. Ainda neste viés pode-se apresentar, de modo geral, a articulação necessária entre intérprete educacional e professores ouvintes para a realização de uma inclusão hospitaleira. Este ponto sem dúvida é um divisor de águas na qualidade do processo e progresso da inserção de alunos surdos no ensino superior.

Por fim, é importante destacar que pensar nestas questões, elaborar um *texto-explicativo* para colegas professores mobilizou a pensar outras aventuras de escrita e investigação; e ainda, que ao rever a atuação profissional como intérpretes educacionais do curso de Engenharia de Controle e Automação da Faculdade Jaguariúna, neste tempo dedicado para pensar e redigir este artigo, pode-se recontar e registrar coisas singulares dessa experiência, (re)vendo os avanços conquistados nesta área e as lutas que ainda há que se travar: seja na escrita, seja na prática, seja em ambos os espaços.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENVENUTO, A. O surdo e o inaudito. Á escuta de Michel Foucault. In: GONDRA, J. & KOHAN, W. (Orgs.). **Foucault 80 anos**. Belo Horizonte: Autêntica, 2006.

CAPOVILLA, Fernando César (Edit.). **Dicionário enciclopédico ilustrado trilingue da língua de sinais brasileira**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2001.

CÉSAR, A.L. & CAVALCANTI, M.C. Do singular para o multifacetado: o conceito de língua como caleidoscópio. In: **Transculturalidade, Linguagem e Educação**. Campinas: Mercado de Letras, 2007.

FERNANDES, E. **Problemas lingüísticos e cognitivos do surdo**. Rio de Janeiro: Agir, 1990.

_____. **Linguagem e Surdez**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

GESUELI, Z.M. Lingua(gem) e identidade: a surdez em questão. In: **Educação e Sociedade**. Vol. 27 no. 94. Campinas: Cedes, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010173302006000100013&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 26/02/2009.

GOES, M.C.R. **Linguagem, surdez e educação**. Campinas: Autores Associados, 1996.

LACERDA, C. B. F. O intérprete educacional de língua de sinais no ensino fundamental: refletindo sobre limites e possibilidades. In: LODI, A C. B., at. (org). **Letramento e Minorias**. Porto Alegre: Mediação, 2002.

MAHER, T.M. Do casulo ao movimento: a suspensão das certezas na educação bilíngüe e intercultural. In: **Transculturalidade, Linguagem e Educação**. Campinas: Mercado de Letras, 2007.

MARTINS, V.R. de. **Educação de Surdos no Paradoxo da Inclusão com Intérprete de Língua de Sinais**: Relações de poder e (Re)criações do sujeito. Dissertação de mestrado defendida em 08/08/2008 na Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Faculdade de Educação: Campinas, 2008.

PERLIN, G. Identidades Surdas. In: SKLIAR, C. (Org.) **A Surdez: um olhar sobre as diferenças**. Porto Alegre: Editora Mediação, 1998.

QUADROS, R.M. de. **O tradutor e intérprete da língua brasileira de sinais e língua portuguesa**. Secretaria de Educação Especial – Programa Nacional de Apoio à Educação de Surdos. Brasília: MEC/SEESP, 2004.

_____ & KARNOPP, L.B. **Língua de sinais brasileira**: Estudos lingüísticos. Porto Alegre: Artmed, 2004.

REILY, L. **Escola inclusiva**: Linguagem e mediação. Campinas, SP: Papirus, 2004.

SKLIAR, C. (org) **Educação e exclusão** – abordagem socioantropológica em educação especial. Porto Alegre: Mediação, 1997.

SOUZA, R.M. de. **Que palavra que te falta?** São Paulo, 1998.

STOKOE, W. **Sign Language Structure**: an Outline of the Visual Communication Systems of the American Deaf. Nova York: University of Buffalo Press, 1960.

A MULTIPLE-VALUED LOGIC GATE:
The Quaternary Shifter Circuit with MOS transistors operating in a current mode

Carlos Roberto MINGOTO JUNIOR
Faculdade de Jaguariúna

ABSTRACT: A multiple-valued logic gate operating in a current-mode with enhancement MOS transistors is proposed. Its function is the shift of the discrete logic levels of a system using the quaternary logic. An equivalent logic gate, but to the binary world, is the inverter circuit (not gate). In the case of the configuration in the quaternary system the shift process takes account between the discrete levels of current. A graphical presentation of the circuit behavior and the electrical and time characteristics of the configuration is done.
Key-words: Current-Mode, Quaternary Circuits, Multiple-Valued Logic, MVL.

INTRODUCTION

The multiple-valued logic used for data processing at the digital circuits is an alternative for the physical limit reduction size of the transistors inside an integrated circuit, because, new alternatives will have to be implemented to the improvement of data processing velocity without lowering the size of the transistors for building more processing circuits at that same space [1]. For instance, if a binary system as in Fig. 1 has a parallel data bus composed by two wires and it is necessary the transmission of the decimal number 11, a number of 2 data shipments should be done. The equivalent binary number for that one is 1011. If the bus has two ways, and the transmission occurs from the less to the more significant bit, thus the first and the second shipment are, respectively: 11, 10.

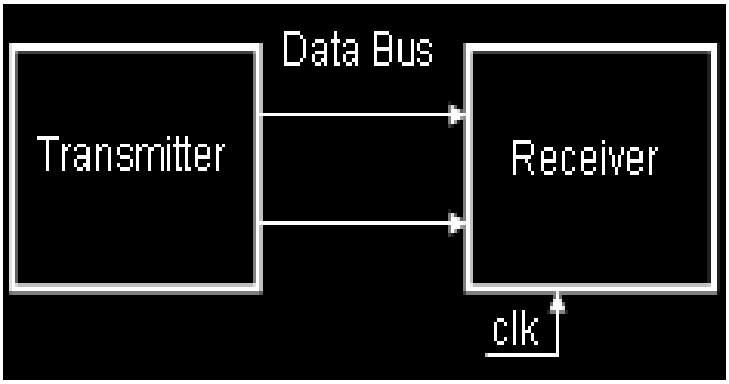


Figure 1 – Example of a system with a traffic of binary or quaternary data.

But, if that system is quaternary, the transmission of the decimal number 11 can be done using only one data shipment. The equivalent quaternary number for the decimal number 11 is 23, which corresponds to the quaternary level 2 (more significant “qit”) and to the quaternary level 3 (less significant “qit”) at the data bus. The abbreviation “qit” means *q*uaternary digi*t*, like in the binary case the term bit comes from *b*inary dig*it* [2]. The equivalence between the discrete electrical current values and the quaternary logic levels adopted at this work is presented at the Table I.

Table I – Quaternary Logic Levels Values and Current Equivalence

Quaternary Logic Levels	Discrete Current Values (μA)
0	0
1	1
2	2
3	3

Still doing an analogy with the binary systems, we can recognize in it three basic gates: and, or, not. These ones, when arranged in many possible different configurations allow the implementation by the circuit designer, for example, combinational and sequential circuits, adders, multipliers, decoders. As in that case, the quaternary system either has the basic gates: alpha, beta, gamma, delta, top, double-top, base [3,4]. The top gate, also called Shifter Circuit is in some way equivalent to the not gate from the binary world. It is because it outputs the shift of

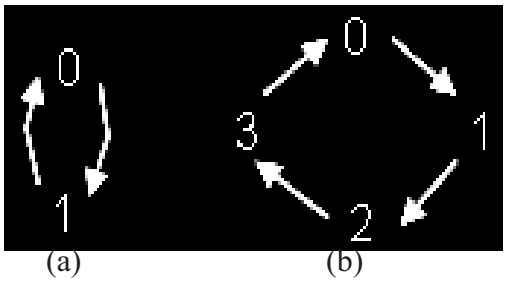


Figure 2 – (a) Binary shift process; (b) Quaternary clockwise shift process.

the level of the input. The Fig. 2 shows the shift process of a binary and quaternary case. To the last one, it is adopted the clockwise shift of the logical levels [5], but another standard could be adopted and the basic gates would be other ones (not the listed above).

THE SHIFTER CIRCUIT

Basic Operator Definitions

The algebraic definition of the operation that the shifter circuit runs is based on the Extended Post Logic proposed by Jorge [6]. This operation is also called Top. It is defined like the equation (1) and represents the shift of the level in a clockwise cyclical manner like presented before at Fig. 2-b.

$$\overline{A} = \begin{cases} A+1 & \text{if } A<3 \\ 0 & \text{if } A=3 \end{cases} \quad (1)$$

Intended to clarify the understanding and to define the top operation a truth-table of the function is presented at Table II, where can be visualized the input logic level values and the respective output results. Like in a not gate from the binary system, the top gate has only one input and one output.

Table II – Shifter Operation Truth Table

Input	Output
0	1
1	2
2	3
3	0

Electronic Circuit of the Shift Operation

It is proposed a configuration in a current-mode [7] operation with enhancement type n-channel and p-channel MOS transistors. The circuit here presented has a core based in an electronic switch and operates with four discrete values of electrical currents: 0μA, 1μA, 2μA e 3μA. It is supplied with a 2.5V voltage source and has MOS-FET current-mirrors to supply the necessary currents. To show the operation of the configuration, simulations are performed at the PSpice Simulator [8] and the main parameters from the models of the channel p and channel n MOS-FET are presented at the Table III. It can be observed at Fig. 3 the circuit that implements the quaternary shift operation.

Table III – Main Parameters of Enhancement MOS transistors

	Mos n-channel	Mos p-channel
Vto	0.46 volts	- 0.62 volts
W	100um	100um
L	100um	100um

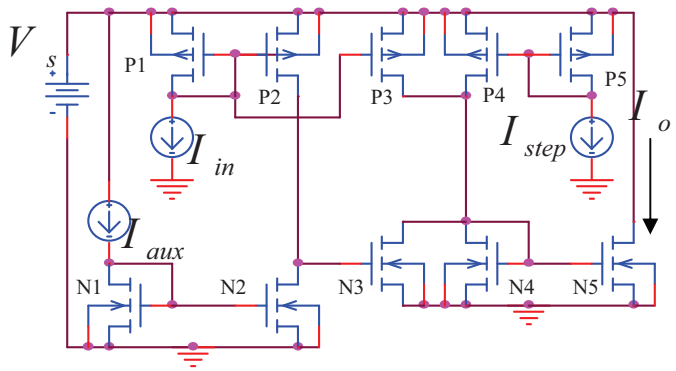


Figure 3 - The circuit that implements the quaternary shift operation.

There are in the circuit current mirrors composed by N-MOS and P-MOS devices. The N-channel transistors are N1, N2, N3, N4 and N5 while P-channel are represented by P1, P2, P3, P4 and P5. The input current is represented by I_{in}, which is mirrored at the drain of P2 and P3. The output current is represented by I_o and is present at the drain terminal of the N5 transistor. There are two constant auxiliary current to the operation of the circuit: I_{step} which is mirrored by P5 to the P4 drain. Its value is 2.5 μA; I_{aux} which is copied by N1 to the N2 drain. Its value is 1 μA. A supply voltage source is represented by V_s and its value is 2.5 volts. Transistors N4 and N5 build a current mirror which is switched on or off by the state of transistor N3. Its state depends on the value of I_{in} copied to the P2 drain. Always when I_{in} is greater than I_{aux} the N3 device conducts and the current at the N4 drain is zero, thus N5 puts zero ampere to output. This situation happens when the input current has the value 3 μA. Always when I_{in} is lower than I_{aux}, the N3 transistor is off and the N4 – N5 current mirror works normally copying the analog sum of the P3 and P4 drain currents to the output, that represents the input shifted one degree of discreet value (1 μA). The value of I_{aux} is always between the discrete current values of the quaternary digital level 2 and level 3. The value of I_{step} is always the increment of the discrete values of current representing each quaternary digital level, in this case, 1 μA.

A graphical presentation of the simulated results from the shifter circuit is done at Fig. 4. The dashed line represents the input signal while the solid line is the output current. The analysis performed at a PSpice simulator using MOS transistors with the main parameters shown at Table III represents the operation of the circuit under an input stimulus of 4.5μs to each digital level. That value is consequence of the response time of the circuit to the situation when input current travels from level 3 to level 2 for the configuration using the available 100μm transistors (W and L dimensions): the output takes 450ns to change the value 0μA to 3μA (or approximately 2.8μA). That is the worst case of output response to the input changes for the circuit tested (using the available models of transistors, like shown at Table III). Thus, to make a good operation of the electronic circuit, it is chosen a size to the input pulse of ten times the worst response time: 10*450ns, or 4.5μs.

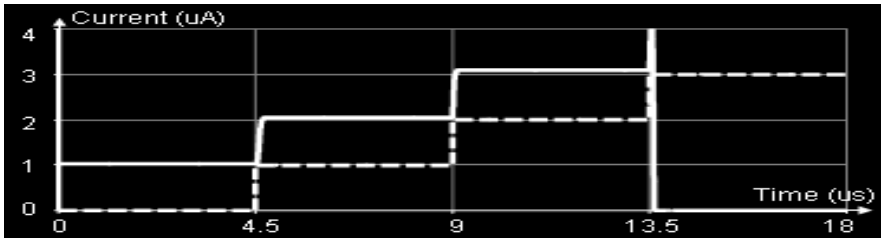


Figure 4 – Results from simulation. Continuous line corresponds to the output signal and the dashed line to the input signal.

ACKNOWLEDGMENTS

The author would like to thank the MVL Research Group staff of the Department of Electronics and Microelectronics (DEMIC) at the University of Campinas (UNICAMP), Faculty of Jaguariúna (FAJ) and the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq). All the above mentioned institutions are from Brazil.

REFERENCES

[1] T. T. Dao, “Recent Multivalued Circuits”, Proc. IEEE COMPCON, Spring 1981, pp. 194-203.

[2] C. Sagan, “The Dragons of Eden: Speculations on the Evolution of Human Intelligence”, Book from 1977, Black Dog & Leventhal Publishers, ISBN: 1579124313.

[3] C. R. Mingoto Jr, “A Quaternary Logic Gate Using Current-Mode Operation with Bipolar Transistors Equivalent to an Exclusive-OR Binary Gate”, in Proceedings of IEEE International Conference on Electronics Circuits and Systems, December 2005.

[4] C. R. Mingoto Jr, “A Quaternary Half-Adder Using Current–Mode Operation with Bipolar Transistors”, in Proceedings of IEEE - 36th International Symposium on Multiple-Valued Logic , May 17-20, 2006.

[5] L. P. Nascimento, “An Automated Tool for Analysis and Design of MVL Digital Circuits”, in 14th Symposium on Integrated Circuits and Systems Design, Pirenópolis-GO-Brazil, 2001.

[6] N. V. Serran, A. M. Jorge and J. A. S. Dias, “A Proposal.

for the implementation of ternary logic circuits”, Microelectronics Journal, vol. 28, nº. 5, pp. 533-541, June 1997.

[7] A. M. Jorge, “A Universal CMOS Gate for Multi-Valued Logic (MVL) circuits”, in XV International Conference on Microelectronics and Packaging, Manaus-AM-Brazil, Sept. 2000, pp. 119-124.

[8] R. W. Goody, “Microsim PSpice for Windows, volume II: Operational Amplifiers and Digital Circuits (A Circuit Simulation Primer)”, second edition, Prentice Hall, 1997. ISBN: 0136558046.

DETECÇÃO DO COMPLEXO QRS UTILIZANDO FPGA

Detection of QRS Complex Using

Alexandre Tomazati OLIVEIRA
Faculdade de Jaguariúna

RESUMO: Este artigo descreve um sistema microcontrolado implementado em FPGA que processa sinais cardíacos através de um algoritmo popular que detecta complexos QRS, calcula os valores limiares dos picos, chamados de thresholds, através da média dos oito últimos picos e define a existência ou não do complexo QRS.
Palavras-chaves: sinais cardíacos, sistema microcontrolado, FPGA, complexos QRS.

ABSTRACT: This paper describes a microcontrolled system implemented in FPGA that processes cardiac signals through a popular algorithm that detects QRS complexes, calculates the threshold values of the peaks, called thresholds, through the middle of the last eight peaks and defines the existence or not of QRS complex.
Key-words: cardiac signals, microcontrolled processing, FPGA, microcontrolled system, QRS complex.

INTRODUÇÃO

O eletrocardiograma (ECG / EKG) é o registro da tensão elétrica gerada durante a atividade cardíaca. À medida que a excitação percorre o coração, correntes elétricas não apenas fluem pelo coração, mas também pelos tecidos circunvizinhos e uma fração desta corrente atinge a superfície do corpo. O fluxo de correntes acarreta uma diferença de potencial entre diferentes sítios do corpo. Esta diferença pode ser medida por meio de eletrodos aplicados à pele, em localizações pré-definidas e expressa o denominado eletrocardiograma, que pode ser definido como o registro gráfico da atividade elétrica do coração captada ao longo do tempo na superfície corporal.

A análise do sinal de ECG (eletrocardiograma) é amplamente usada para diagnosticar doenças cardíacas, que são uma das principais causas de mortalidade em países em desenvolvimento. O aumento da utilização de métodos mais rápidos de processamento do sinal de ECG vem se tornando cada vez mais importante à medida que informações clinicamente úteis podem ser obtidas a partir desses

dados, especialmente em registros de longa duração, como os sistemas Holter, que registra os sinais de ECG em memórias flash. Uma importante aplicação que utiliza diretamente os resultados da identificação dos batimentos é a análise da variabilidade da freqüência cardíaca, que corresponde à oscilação dos intervalos entre batimentos.

O complexo QRS é a característica mais relevante no sinal de ECG e corresponde a despolarização dos ventrículos no coração. A posição, duração e amplitude do complexo QRS auxiliam o especialista a diagnosticar corretamente anomalias cardíacas.

O presente trabalho estabelece a implementação de filtros digitais desenvolvidos por Pan-Tompkins[1] [9] para a detecção de complexos QRS em sinais cardíacos utilizando FPGA. Com a capacidade de desenvolvimento, velocidade e metodologia de projeto do FPGA, é plausível a implementação de algoritmos em dispositivos programáveis, uma vez que existem disponíveis ferramentas e propriedades intelectuais que possibilitam facilmente a utilização de microcontroladores dedicados desenvolvidos especificamente para FPGAs.

DESCRIÇÃO

Existem vários algoritmos desenvolvidos e em desenvolvimento para detectar a onda R da curva de ECG. Isso ocorre devido ao fato de ainda não existir um algoritmo que detecte a onda R com 100% de eficácia. As ondas de ECG apresentam uma infinidade de formatos, mudando de pessoa para pessoa, da situação (enfermidade) da pessoa analisada, de quanto tempo ela tem sido analisada (isto afeta a eficiência dos eletrodos), do ruído proveniente do contato do eletrodo com a pele, da contração muscular, do ruído proveniente da rede elétrica, da variação da impedância do eletrodo (variação da linha de base do ECG e queda da relação sinal/ruído), da modulação da amplitude do ECG de acordo com a respiração e ruído de instrumentos elétrico-cirúrgicos.

O espectro de potência relativo do sinal de ECG mostra que o complexo QRS apresenta um maior espectro de potência relativo para freqüências em torno de 10 Hz.

Dentre os algoritmos empregados para detecção do complexo QRS, destaca-se o método desenvolvido por Pan e Tompkins [1] [9], que possui dois estágios de detecção, sendo o primeiro o estágio de pré-processamento que filtra o sinal através de um banco de filtros e o segundo denominado de detecção do pico cujo propósito é identificar o pico do sinal obtido no estágio de pré-processamento.

O estágio de pré-processamento consiste de um filtro passa-baixa, um filtro passa-alta, um filtro derivativo, um estágio não linear onde se eleva ao quadrado o resultado do filtro derivativo e por último um integrador de janela móvel. O propósito principal desta etapa é localizar complexos QRS (que geralmente ocorre numa banda de freqüência entre 5 e 15 Hz) e, portanto, identificar os batimentos cardíacos corretamente. A Figura 1 ilustra o banco de filtros.

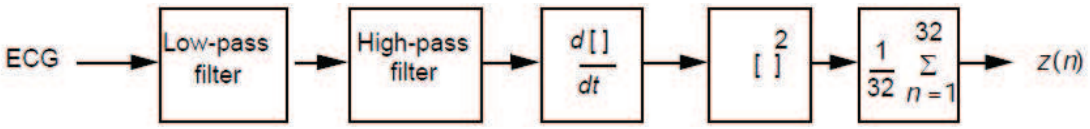


Figura 1: Banco de filtros para a detecção do complexo QRS

Os filtros passa-baixa e passa-alta juntos formam um filtro passa-banda de largura de banda que varia de 5 a 11 Hz. O filtro passa-baixa atenua o ruído de alta freqüência enquanto o filtro passa-alta atenua as ondas P e T do sinal de ECG e o sinal proveniente do atrito do eletrodo com a pele. O filtro derivativo calcula uma derivada de cinco pontos do sinal que não só minimiza o ruído no sinal, mas também enfatiza as informações provenientes do complexo QRS. A próxima etapa é um processamento não linear onde os valores resultantes do filtro derivativo são elevados ao quadrado. Este estágio enfatiza ainda mais os complexos QRS e

atenuam os sinais provenientes de ruído. O próximo e último estágio refere-se ao integrador de janela móvel que calcula a média das últimas 32 amostras do sinal.

A equação 1 abaixo refere-se à função de transferência do filtro passa-baixas, que corresponde ao primeiro filtro do banco. As equações 2 e 3 referem-se à função de transferência que compõe o filtro passa alta.

$$H(z) = \frac{(1-z^{-6})^2}{(1-z^{-1})^2} \quad (1)$$

$$H_{lp}(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{1-z^{-32}}{1-z^{-1}} \quad (2)$$

$$H_{hp}(z) = z^{-16} - \frac{H_{lp}(z)}{32} \quad (3)$$

A função de transferência do filtro derivativo é ilustrada na equação 4.

$$H(z) = 0{,}1(2 + z^{-1} - z^{-3} - 2z^{-4}) \quad (4)$$

A equação a diferenças da função ao quadrado e da janela móvel estão ilustradas nas equações 5 e 6, respectivamente.

$$y(nT) = [x(nT)]^2 \quad (5)$$

$$y(nT) = \frac{1}{N}[(nT-(N-1)T) + x(nT-(N-2)T) + \cdots + x(nT)], N = 32 \quad (6)$$

O estágio de detecção do pico tem como entrada a saída do integrador de janela móvel. O propósito deste estágio é identificar o pico do sinal obtido no estágio de pré-processamento e utilizam-se limites, chamados aqui de thresholds, que possibilita separar os picos provenientes de ruídos dos picos que representam o complexo QRS.

Dois thresholds são utilizados, sendo o primeiro (Th1) definido como sendo 25% da média dos oito últimos picos (MPEAK) correspondentes ao complexo QRS. O threshold 2 (Th2) é definido como sendo 33% do valor de pico em análise (PEAK). As equações 7 e 8 ilustram os cálculos de Th1 e Th2.

onde, MPEAK: Média aritmética dos últimos oito picos;

PEAK: A maior amostra representando a existência do complexo QRS. Precisa ser maior que Th1.

$$Th1 = 0{,}25 * MPEAK \quad (7)$$

$$Th2 = 0{,}33 * PEAK \quad (8)$$

Todos os valores maiores que o Th1 são comparados entre si para determinar o máximo valor. No entanto, o máximo valor não é reportado enquanto não for encontrado um valor que possua 33% do máximo valor. Isto ocorre na inclinação negativa do sinal, conforme ilustrado na Figura 2.

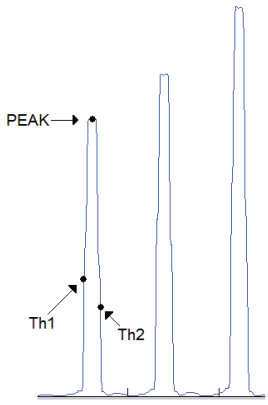


Figura 2: Posicionamento dos thresholds na detecção do complexo QRS

Para a implementação dos filtros, utilizou-se um kit de desenvolvimento contendo um FPGA fornecido pela Xilinx. O kit contempla todos os requisitos necessários para o experimento e utiliza um FPGA de modelo Spartan-3E. O FPGA foi programado utilizando o Microblaze, que é um microcontrolador RISC de 32 bits, apresenta arquitetura Harvard e é disponibilizado pela Xilinx como um IP Core (propriedade intelectual). Possui incorporado diversas bibliotecas que possibilita o controle dos diversos barramentos e dispositivos periféricos, conforme a Figura 3.

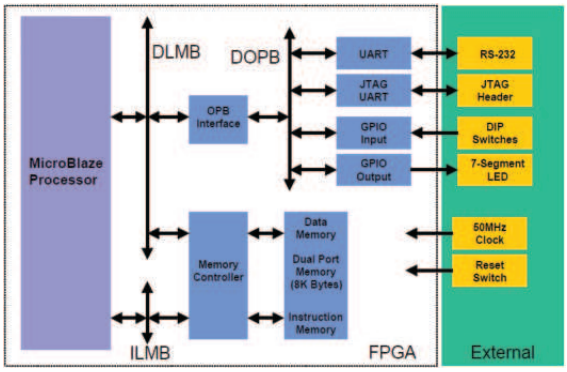


Figura 3: Implementação do microcontrolador Microblaze em FPGA

Dessa forma, esta implementação é semelhante à implementação em um microcontrolador padrão, onde se desenvolve a programação em linguagem C. A única diferença é que se utilizou uma propriedade intelectual que representa um microcontrolador e um dispositivo programável, que neste caso é um FPGA.

RESULTADOS

Os resultados apresentados abaixo se refere ao reconhecimento dos complexos QRS através do algoritmo de Pan e Tompkins [1] [9], utilizando um trecho do sinal 100 da base da dados MIT-BIH [12] e processados utilizando o software Matlab e o microcontrolador Microblaze. A Figura 4 ilustra o sinal original, possuindo onze complexos QRS.

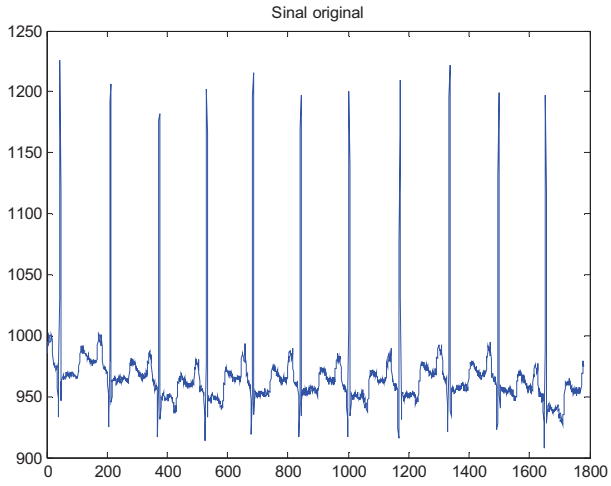


Figura 4 – Trecho do sinal 100 da base de dados do MIT-BIH

As Figuras de 5 a 9 ilustram o processo de filtragem dos diversos blocos que compõem o estágio de pré-processamento.

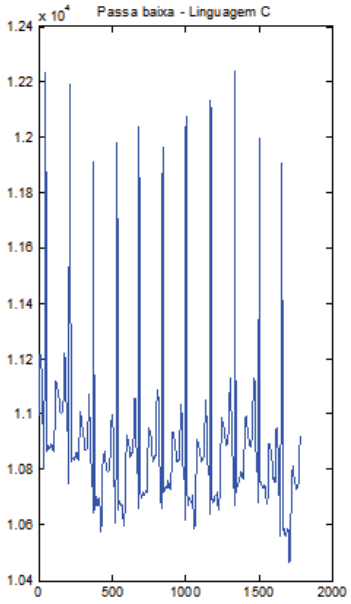


Figura 5 – Sinal após filtro passa-baixa

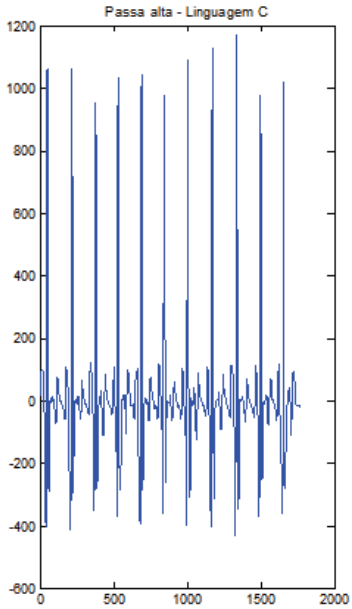


Figura 6 – Sinal após filtro passa-alta

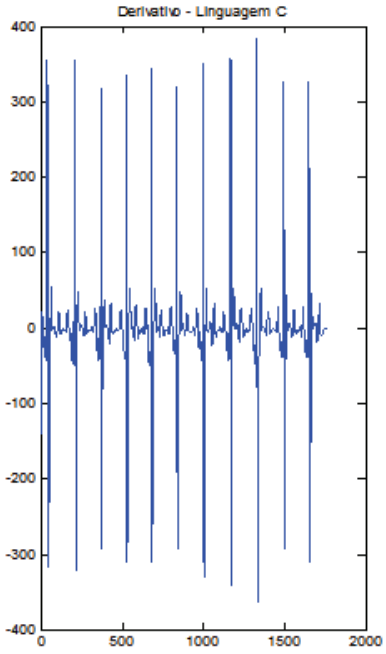


Figura 7 – Sinal após filtro derivativo

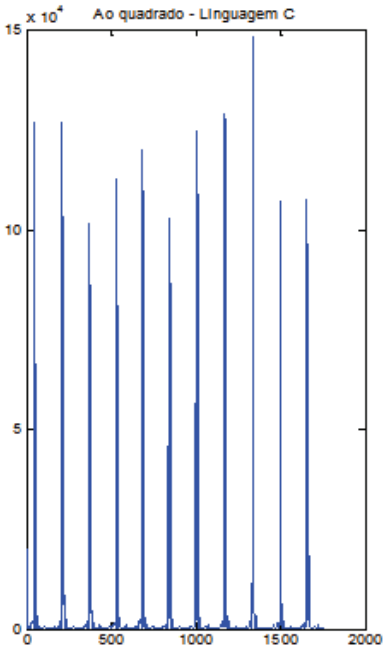


Figura 8 – Sinal após função ao quadrado

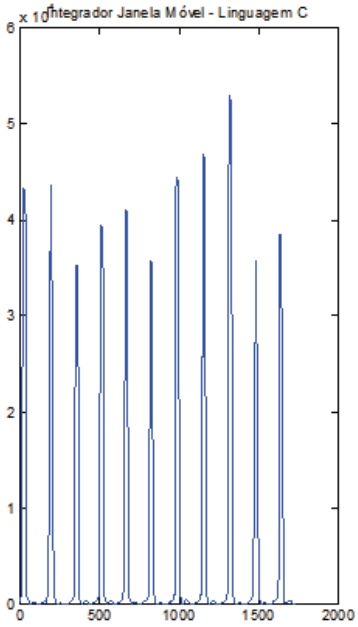


Figura 9 – Sinal após integrador janela móvel

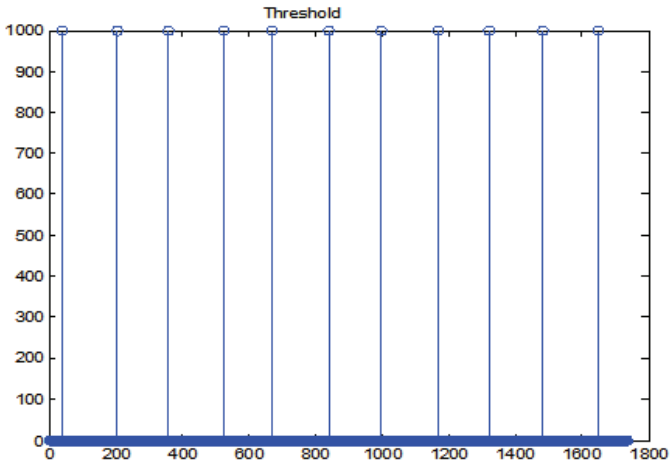


Figura 10 – Resultado após algoritmo Threshold

A Figura 10 ilustra o resultado do estágio de detecção dos picos, no qual os onze complexos QRS foram detectados.

CONCLUSÃO

De acordo com os dados colhidos através da implementação em FPGA, o processamento utilizando um microcontrolador no FPGA apresenta resultados semelhantes, se comparado com o processamento dos filtros em matlab, sendo que a diferença se dá na amplitude do sinal, uma vez que os dados do sinal original enviados para a memória do FPGA são números inteiros, diferente do sinal original que possui uma casa decimal.

A técnica utilizando FPGA permite o acréscimo de outros módulos no projeto, formando assim um sistema maior e com mais funções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Pan, J., Tompkins, W. J., **Quantitative Investigation of QRS Detection Algorithm**, IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 32, no. 3, pp. 203-236, 1985.

[2] Mohrman, D. E., Heller, L.J., **Cardiovascular Physiology**, McGraw-Hill, 2006.

[3] Morris, F., Edhouse, J., Brady, W., Camm, J., **ABC of Clinical Electrocardiography**, London, 2003, BMJ Books.

[4] Lengyel, L., **Eletrocardiografia Clínica**, São Paulo, 1974, Sarvier.

[5] Bronzino, J. D., **The Biomedical Engineering HandBook**, CRC Press, 2000.

[6] Padeletti, L., **Digital Technology in Cardiac Pacing: Methods for Morphology Analysis of Sensed Endocavitary Signals**. Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology, 2005, pp 9-16

[7] Shukla, A.,Macchiarulo, L., **A Fast and Accurate FPGA based QRS detection System**. 30th Annual International IEEE EMBS Conference, 2008, pp 4828-4831

[8] Ieong, C. I., Vai, M. I., Mak, P. U., **QRS recognition with programmable hardware**. Bioinformatics and Biomedical Engineering, 2008, pp 2028-2031

[9] Tompkins J.W., **Biomedical Digital Signal Processing**. Prentice Hall, 1993

[10] Monmasson E.,Cirstea M., **FPGA Design Methodology for Industrial Control Systems – a Review***,* IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2007, vol. 54, pp1824-1842

[11] Ieong, C. I., Vai, M. I., Mak, P. U., **ECG QRS Complex Detection with Programmable Hardware**. 30th Annual International IEEE EMBS Conference, Vancouver, 2008, pp 2920-2923

[12] PhysioBank: http://www.physionet.org

COMANDO DE DECISÃO EM LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO

Decision´s Command for Logic Programming

Daiana Graciela Galane RABELLO
Faculdade de Jaguariúna

Resumo: Este trabalho tem como objetivo central mostrar a utilização e aplicação do comando de decisão na lógica de programação através dos algoritmos, abordando suas formas de aplicação e as exemplificando de acordo com o problema proposto. Outro objetivo desejado ao final deste artigo é o aumento do conhecimento e o desenvolvimento do raciocínio lógico mais aprimorado a resolver problemas computacionais ou não computacionais, visando sempre uma resolução rápida e segura.
Palavras-chave: Algoritmo; Raciocínio Lógico; Decisão.

Abstract: The main purpose of this article is to present the application of the decision´s command applied for logical computing programming through the use of algorithms, discussing about the possible utilization forms and providing examples about the proposed topic. Another desired objective at the end of this article is the personal knowledge increase and the logical thinking development in order to solve computing or non computing issues, always seeking the faster and safer solution.
Key - words: Algorithm; Logical Thinking; Decision.

1. Introdução

A estrutura de decisão possibilita escolher uma ação dentre um conjunto de alternativas que foram especificadas, podendo então mudar o curso de execução de um programa.

Apesar de conseguir criar algoritmos sem a utilização das estruturas de controles, esses se tornam restritos, pois em algum momento podemos nos deparar com problemas onde deverá ser tratado um determinado dado (MANZANO, 2001).

A estrutura de decisão irá nos ajudar a desenvolver um algoritmo executando suas instruções de forma seqüencial e efetuar um tratamento mais adequado para as condições impostas nos problemas apresentados.

Estruturas de Decisão

As estruturas possuem diferentes formas de serem desenvolvidas e saber qual será a forma mais adequada para ser aplicada dependerá do problema proposto e das execuções para atender as condições apontadas.

Para melhor entendimento você deve ter aprendido a trabalhar com entrada, processamento e saída de dados e ter conhecimento dos operadores utilizados, como segue:

- Operadores Relacionais:

Ao ser utilizado a instrução se..senao..fim_se, ela implica na utilização de condições para verificar o estado de uma determinada variável quanto verdadeiro ou falso. (MANZANO, 2001, p.42)

Símbolos	Significado
>	Maior
<	Menor
>=	Maior/igual
<=	Menor/igual
==	Igual
!=	Diferente

- Operador lógico .e. (&&):

O operador do tipo **.e.** é utilizado quando dois ou mais relacionamentos lógicos de uma determinada condição necessitam ser verdadeiros. (MANZANO, 2001, p.48)

Condição x	Condição y	Resultado
V	V	V
V	F	F
F	V	F
F	F	F

- Operador lógico .ou. (||).

O operador do tipo **.ou.** é utilizado quando pelo menos um dos relacionamentos lógicos (quando houver mais de um relacionamento) de uma condição necessita ser verdadeiro. (MANZANO, 2001, p.49).

Condição x	Condição y	Resultado
V	V	V
V	F	V
F	V	V
F	F	F

2.1 Condicional Simples

O comando de decisão é especificado em uma expressão lógica que retorna um valor booleano (verdadeiro ou falso). Vamos realizar a aplicação utilizando como exemplo um algoritmo que leia dois valores inteiros e apresente o resultado da divisão do maior valor pelo menor valor.

Os algoritmos possuem 3 formas de serem representados para demonstrar o exemplo acima utilizaremos o fluxograma como demonstra a figura 1.

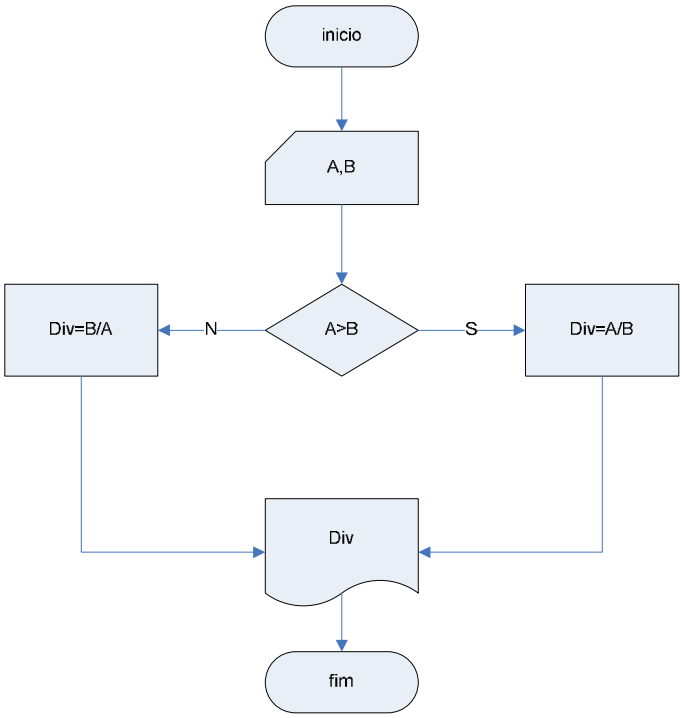


Figura 1 – Exemplo de Utilização de Algoritmo

A condição A>B é uma expressão lógica cujo resultado é um valor booleano. Se o valor de **A** for **maior** que o valor de **B**, o resultado será o valor verdadeiro e o cálculo **Div=A/B** será executado. Do contrário, ou seja, se o valor de **A** for **menor** que o valor de **B**, o resultado desta expressão lógica será falso e o cálculo **Div=B/A** será executado.

Utilizando um exemplo prático:

Assuma que A tenha o valor 8 e B tenha o valor 4. Como 8 é maior que 4, a expressão lógica A>B dá como resultado um valor verdadeiro e o cálculo será Div=8/4 será executado pelo computador. Suponhamos agora, que o valor de A seja 2. Neste caso, o resultado da expressão lógica será falso e o computador executará o calculo Div=4/2. Através do fluxograma na figura 1, observamos as duas possíveis opções que o computador pode tomar, dependendo do resultado avaliado na expressão lógica.

A escolha de uma ação é executada após avaliar uma condição, que nada mais é que uma expressão lógica que nos dá como resultado um valor lógico. A forma geral do comando de decisão em linguagem algorítmica é dada por:

SE (condição) **ENTAO**

comando 1

SENAO

comando 2

Se a condição for verdadeira, o comando 1 será executado e o comando 2 será ignorado. Do contrário, o computador executará o comando 2, ignorando o comando 1.

Como vimos no exemplo anterior, que compara os valores de A e B para verificar qual o maior entre eles, em notação algorítmica ficaria:

```
Início
   A,B:inteiro
   Div: real
   escreva("Digite dois valores:");
   leia( A,B );
     se ( A>B ) entao
          Div=A/B;
   senao
          Div=B/A;
   escreva("Resultado",Div);
```

```
fimse;

fim.
```

O comando SE pode ser utilizado sem o SENAO deixando assim o comando simplificado, conforme abaixo:

SE (condição) **ENTAO**

comando 1

O comando 1 apenas será executado se o resultado da condição for verdadeira. Como exemplo, iremos solicitar um valor inteiro fornecido pelo usuário e fazer a sua apresentação se o valor NÃO for maior que 5.

```
inicio;
A:inteiro
escreva("Digite um valor:");
leia(A);
    se (A<5)
        escreva("Valor menor:",A);
    fimse;
fim.
```

Comandos Ses Aninhados

Quando um comando SE é executado dentro de outro comando SE, isso significa que o comando interno SE, está aninhado. O exemplo abaixo mostra uma utilização de comandos ses e a aplicação do aninhamento ou encadeamento (MANZANO, 2001):

```
inicio;
A:inteiro
se(A>=0) entao
   se(A<=100) entao
escreva("Digitou um entre 0 e 100");
fimse;
fim.
```

Condicional com Seqüência de Comandos

Uma seqüência de comandos nada mais é que um conjunto de comandos delimitados por um determinado símbolo. Na linguagem algorítmica vamos delimitar o bloco de comandos pelos símbolos { (abre chave) indicando o início do bloco e } (fecha chave) para indicar o final do bloco (MIZRAHI, 1990).

Podemos ter um conjunto de instruções sob um comando de decisão. Podendo ser representada pela forma abaixo:

```
SE  ( condição ) ENTÃO
  {
    comando 1.1
    comando 1.2
    comando 1.3
  }
SENAO
```

```
{
   comando 2.1
   comando 2.2
   comando 2.3
}
```

Modificando o primeiro exemplo utilizado iremos aplicar um algoritmo que se o valor de A for maior que B efetuar a soma e subtração, caso contrário se B for maior que A executar a multiplicação e a média.

```
inicio;
A,B,R,R1,R2:inteiro
R3:real
leia(A,B);
se(A>B)
        R=A+B;
        R1=A-B;
escreva(R,R1);
senao
        R2=A*B;
        R3=(A+B)/2;
escreva(R2,R3);
fimse;
```

fim.

Portanto, se a condição for verdadeira, a primeira seqüência de comandos será executada. Do contrário, a segunda seqüência de comandos será executada. Isto se faz necessário, pois se não utilizarmos o conjunto de instruções como um bloco de comandos, apenas a primeira instrução estaria sob o comando de decisão, estando as demais instruções independentes do comando de decisão.

Considerações

Com a utilização da Estrutura de Decisão podemos criar algoritmos cada vez mais elaborados e realizar diferentes tipos de tratamentos de dados dependendo é lógico de suas condições. Existem outras formas de se tratar um mesmo problema utilizando outras formas de Estruturas como a de Seleção e Repetição, juntamente com a forma vista neste artigo, ou seja, utilizando uma encadeada à outra. À medida que desenvolvermos nosso conhecimento em lógica de programação teremos cada vez mais raciocínio lógico necessário que nos proporcionará boas condições. Isso vale também para aplicarmos em nossa vida, pois você poderá utilizar seus conhecimentos e encontrar soluções rápidas caso tenha um problema para analisar, mesmo que estes não sejam resolvidos por meio de algoritmos computacional.

Referências Bibliográficas

MANZANO, J. A. N. G. **Algoritmos: lógica para desenvolvimento de programação de computadores**. 11. ed. São Paulo: Érica, 2001.

MIZRAHI, V. V. **Treinamento em Linguagem C: Curso Completo Módulo 1**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

ESTUDO ANALÍTICO/NUMÉRICO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR UNIDIMENSIONAL EM ALETAS

Analytical/numerical study of one-dimensional heat transfer in fins

Estaner Claro ROMÃO
Faculdade de Jaguariúna

RESUMO: Este trabalho tem por objetivo apresentar um estudo numérico da transferência de calor unidimensional em aletas utilizando-se o método das diferenças finitas centrais de ordem 2. Para solução do sistema linear faz-se uso do Método Gauss-Seidel. Para a validação dos resultados, comparam-se os resultados com uma solução analítica encontrada na bibliografia aberta. O trabalho também demonstra que neste problema vários conceitos estudados em disciplinas como *Cálculo IV (Equações Diferenciais Ordinárias de Segunda Ordem*), *Termodinâmica e Transferência de Calor e Massa*, *Cálculo Numérico* entre outras podem ser utilizados para solução de problemas da Engenharia.
Palavras-chave: Transferência de Calor, Aletas, Diferenças Finitas, Diferenças Centrais, Método de Gauss-Seidel.

ABSTRACT: This paper has objective to present a numerical study of heat transfer in one-dimensional fins using the central finite difference method of order 2. For solution of the linear system makes use of Gauss-Seidel method. To validate the results, we compare the results with an analytical solution found in the open literature. The work also shows that this problem several concepts studied in subjects such as Calculus IV (Differential Equations of Second Order Ordinary), Thermodynamics and Heat and Mass Transfer, Numerical Calculus and others can be used to solve problems of engineering.
Key-words: Heat Transfer, Fin, Finite Difference, Central Difference, Gauss-Seidel Method.

INTRODUÇÃO

Muitos trabalhos na bibliografia podem ser citados na solução de problemas de transferência de calor unidimensional, entre eles Arpaci (1966) e Ozisik (1980) apresentam várias soluções analíticas para o problema. Mais recentemente, soluções analíticas do problema podem ser encontrados em Bejan (1996) e Incropera e De Witt (2002).

Mais já é conhecido que muitos problemas da física não possuem soluções analíticas, graças a grande complexidade de suas equações diferenciais governantes. Vários autores já proporam soluções numéricas para problemas de

transferência de calor, tais como Gupta e Zhang (2000), Wendlander (2003) e Romão (2003, 2004, 2007).

Neste trabalho, propõe-se uma solução numérica de um caso de transferência de calor unidimensional em aletas pelo Método de Diferenças Finitas Centrais que pela sua facilidade de formulação, possibilitará uma importante comparação entre os resultados numéricos e analíticos.

DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Uma aleta plana com seção reta uniforme é construída em um material de condutividade térmica de 50W/m.K, com espessura de w = 6mm e comprimento de L = 48mm e é muito extensa na direção normal à página. O coeficiente de transferência de calor por convecção é de 500W/m^2.K e a temperatura do ar ambiente T_∞ = 303K. A base da aleta é mantida a T_b = 373K, enquanto a sua extremidade encontra-se isolada termicamente.

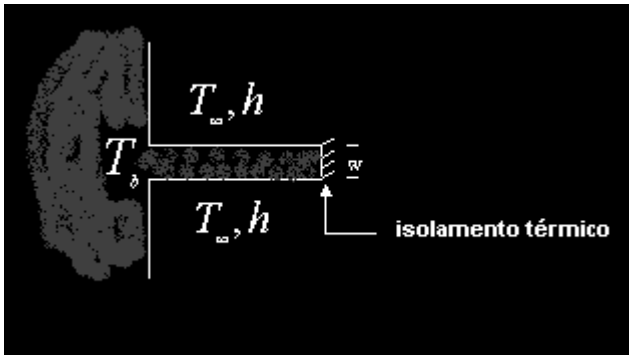


Figura 1 – Aleta plana com seção reta uniforme.

A proposta é utilizar o método de diferenças finitas centrais com um incremento espacial de 4mm e estimar a distribuição de temperaturas no interior da aleta. Será adotada a hipótese de transferência de calor unidimensional nesta aleta. Além disso, será calculado e plotado a distribuição de temperaturas na aleta para valores de h = 10, 100, 500 e 1000 W/m^2.K, como também será plotado um gráfico

da taxa de transferência de calor para a aleta em função de h (coeficiente de transferência de calor por convecção).

FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A hipótese básica para este tipo de análise é que a temperatura na aleta é função única de *x*. Assim, admitimos que o calor será conduzido longitudinalmente na aleta apesar de reconhecermos que calor é transferido ao fluido pela superfície lateral exposta da aleta.

Supondo que o regime é permanente, a aplicação da ***primeira lei da termodinâmica*** (Wylen et. All (1994), Potter e Scott (2006), Levenspiel (2002)) para um sistema composto pela fatia da aleta com espessura Δx resulta em

$$q''_x A_c - q''_{x+\Delta x} A_c - (p\Delta x)h(T - T_\infty) = 0 \quad (1)$$

onde A_c é a área da seção transversal, que é independente da posição longitudinal x, p é o perímetro da seção transversal, neste problema $p = 2.(1 + \Delta y)$, h é o coeficiente de transferência de calor por convecção.

Primeiro, vamos fatorar os dois primeiros termos do lado direito da Equação (1):

$$A_c(q''_x - q''_{x+\Delta x}) = -A_c \frac{dq''_x}{dx}\Delta x = -A_c \frac{d}{dx}\left(-k\frac{dT}{dx}\right)\Delta x = kA_c \frac{d^2T}{dx^2}\Delta x \quad (2)$$

Feito isso, aplica-se o resultado da Equação (2) na Equação (1) obtendo-se:

$$\underbrace{kA_c \frac{d^2T}{dx^2}\Delta x}_{\substack{\text{Condução} \\ \text{Longitudinal}}} - \underbrace{hp\Delta x(T - T_\infty)}_{\substack{\text{Convecção} \\ \text{Lateral}}} = 0 \quad (3)$$

A Equação (3) trata-se de uma ***Equação Diferencial Ordinária de Segundo Ordem*** (Leithould (1994), Bronson e Costa (2006)).

Para solucionar numericamente a Equação (3) será utilizado o Método das Diferenças Finitas Centrais para discretizar o primeiro termo desta equação da seguinte forma (Smith (1971)):

$$\frac{d^2T}{dx^2} = \frac{T_{i+1} - 2T_i + T_{i-1}}{(\Delta x)^2} \quad (4)$$

Aplicando-se a Equação (4) na Equação (3), temos:

$$T_{i-1} + T_{i+1} + \left[\frac{hp}{kA_c}(\Delta x)^2\right]T_\infty - \left[2 + \frac{hp}{kA_c}(\Delta x)^2\right]T_i = 0 \quad (5)$$

sendo T_i a temperatura do nó atual.

Mas este problema deve ser analisado para três casos, supondo que o problema será discretizado a partir de n = 12:

Caso 1. Quando $i = 1$, $T_{i-1} = T_b$, onde T_b é a temperatura na parede, logo

$$T_b + T_{i+1} + \left[\frac{hp}{kA_c}(\Delta x)^2\right]T_\infty - \left[2 + \frac{hp}{kA_c}(\Delta x)^2\right]T_i = 0 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow T_{i+1} - \left[2 + \frac{hp}{kA_c}(\Delta x)^2\right]T_i = -\left[\frac{hp}{kA_c}(\Delta x)^2\right]T_\infty - T_b$$

Caso 2. Quando $i = 2,...,n-1$, vale (5).

Caso 3. Quando $i = n$, a área de convecção é igual a $A_{conv} = \frac{\Delta x}{2}.p$ e T_{i+1} não existe, pois, T_i é a temperatura do último nó da malha, logo

$$T_{i-1} + \left[\frac{hp}{kA_c}\frac{(\Delta x)^2}{2}\right]T_\infty - \left[2 + \frac{hp}{kA_c}(\Delta x)^2\right]T_i = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_{i-1} - \left[2 + \frac{hp}{kA_c}(\Delta x)^2\right]T_i = -\left[\frac{hp}{kA_c}\frac{(\Delta x)^2}{2}\right]T_\infty$$

Para finalizar-se a formulação do problema determina-se a taxa de transferência de calor para a aleta por unidade de comprimento normal à página. Sabe-se que a temperatura na base da aleta é igual a T_b = 373K para x = 0, e

$$q_b + q_1 + q_c = 0 \Rightarrow q_b = -q_1 - q_c \Rightarrow \qquad q_b = -k.\Delta y.\frac{(T_1 - T_b)}{\Delta x} - h.\frac{\Delta x}{2}.(T_b - T_\infty)$$

FORMULAÇÃO ANALÍTICA

Para analisar os resultados numéricos será adotada a solução analítica a seguir (ARPACI (1966)):

Condição de contorno: $\frac{\partial T}{\partial x} = 0 \text{ para } x = L$**.**

Distribuição de temperatura: $T(x) = T_\infty + (T_b - T_\infty)\dfrac{\cosh\left[\left(\dfrac{hp}{kA_c}\right)^{1/2}.(L-x)\right]}{\cosh\left[\left(\dfrac{hp}{kA_c}\right)^{1/2}.L\right]}$

Taxa de transferência de calor na base da aleta:

$$q_b = (T_b - T_\infty)(kA_c hp)^{1/2}.\tanh\left[\left(\frac{hp}{kA_c}\right)^{1/2}.L\right].$$

RESULTADOS NUMÉRICOS

Agora aplica-se um algoritmo, o Método de iteração de *Gauss-Seidel* (Barroso et. All (1987)) que visa encontrar a distribuição de temperatura com *k* = 50W/m.K (fixo), Δx = 0,004m, Δy = 0,006m, largura = 0,048m, com todos *T*(i) = 350K (sendo T_i os valores de chute inicial no método de Gauss-Seidel, *i = 1,...,n*), e uma tolerância ε = 0,2K e para os seguintes *h*:

1. Quando $h = 10\text{W/m}^2.\text{K}$.

$$[T] = \begin{pmatrix} 370{,}613657 \\ 368{,}358856 \\ 366{,}259939 \\ 364{,}338995 \\ 362{,}615579 \\ 361{,}106535 \\ 359{,}825894 \\ 358{,}784818 \\ 357{,}991581 \\ 357{,}451558 \\ 357{,}167229 \\ 357{,}138182 \end{pmatrix}$$ em 38 iterações.

Para este caso tem-se: $q_b = 177{,}5757\text{W/m}$.

2. Quando $h = 100\text{W/m}^2\text{.K}$

$$[T] = \begin{pmatrix} 367{,}516549 \\ 362{,}811263 \\ 358{,}839384 \\ 355{,}540076 \\ 352{,}840918 \\ 350{,}664209 \\ 348{,}933786 \\ 347{,}581359 \\ 346{,}551586 \\ 345{,}805411 \\ 345{,}321467 \\ 345{,}095609 \end{pmatrix}$$ em 13 iterações.

Para este caso tem-se: $q_b = 397{,}2588\text{W/m}$.

3. Quando $h = 500\text{W/m}^2\text{.K}$

$$[T] = \begin{pmatrix} 359{,}181148 \\ 348{,}307474 \\ 339{,}765896 \\ 333{,}072136 \\ 327{,}844967 \\ 323{,}785899 \\ 320{,}663236 \\ 318{,}299631 \\ 316{,}562487 \\ 315{,}356681 \\ 314{,}619237 \\ 314{,}315675 \end{pmatrix}$$ em 37 iterações.

Para este caso tem-se: $q_b = 966{,}4138\text{W/m}$.

4. Quando $h = 1000\text{W/m}^2\text{.K}$

$$[T] = \begin{pmatrix} 353{,}867283 \\ 340{,}114158 \\ 330{,}233681 \\ 323{,}139985 \\ 318{,}051668 \\ 314{,}407769 \\ 311{,}807328 \\ 309{,}966033 \\ 308{,}685322 \\ 307{,}830623 \\ 307{,}316434 \\ 307{,}096636 \end{pmatrix} \text{ em 28 iterações.}$$

Para este caso tem-se: $q_b = 1294{,}9538\text{W/m}.$

Logo abaixo, encontra-se um gráfico que representa os quatro casos (valores de h):

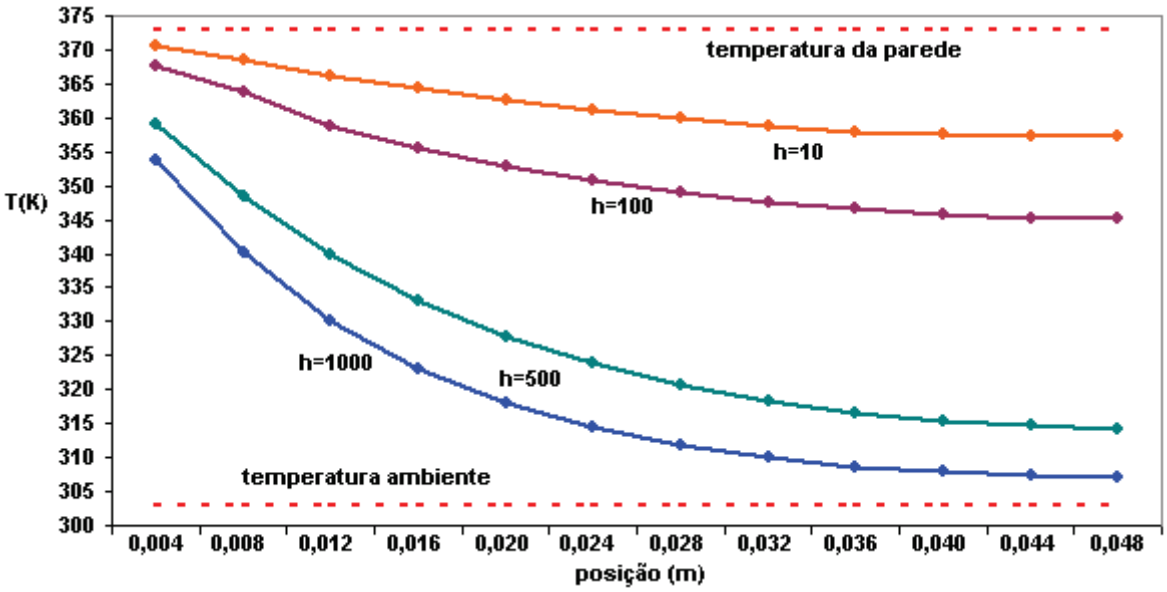


Figura 1 – Comparação da distribuição de temperatura (em K) x Posição (m) para cada valor de h (coeficiente de transferência de calor por convecção – W/m^2.K).

Por caráter de curiosidade, tem-se logo a seguir o gráfico que representa a relação entre a taxa de transferência de calor por convecção versos a taxa de transferência de calor da aleta na base.

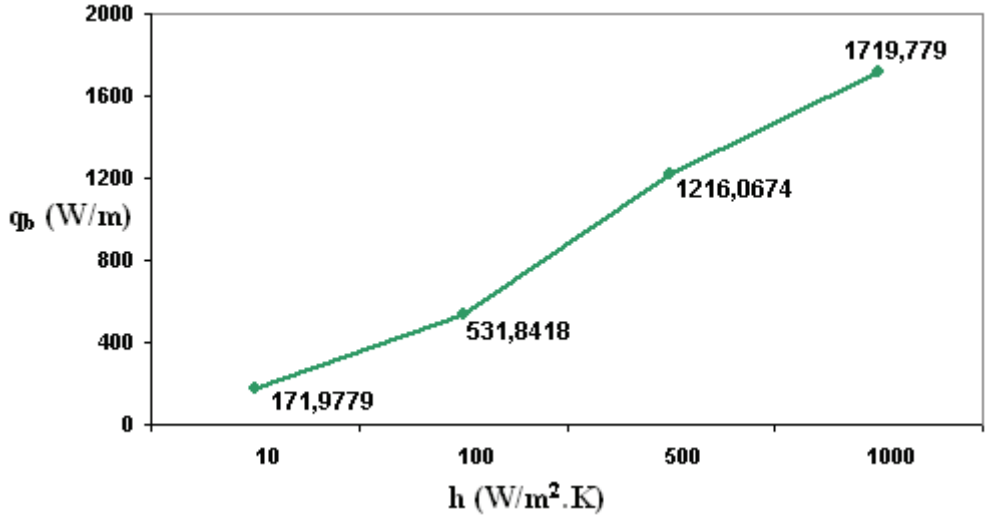


Figura 2 – Taxa de transferência de calor x Coeficiente de transferência de calor por convecção.

Comparação resultado Analítico X Numérico

Logo abaixo, descreve-se uma tabela apresentando as variações de temperaturas, em ambas as análises, para cada valor de h.

Tabela 1 – Temperaturas para resultados analítico/numéricos para h = 10W/m^2.K.

1.1.1 Descrição	T(K) – analítico	T(K) – numérico
T(1)	372,1798	370,6136
T(2)	371,4338	368,3588
T(3)	370,7612	366,2599
T(4)	370,1614	364,3389
T(5)	369,6336	362,6155
T(6)	369,1773	361,1065
T(7)	368,7921	359,8258
T(8)	368,4775	358,7848
T(9)	368,2331	357,9915
T(10)	368,0587	357,4515
T(11)	367,9542	357,1672
T(12)	367,9194	357,1381

Tabela 2 – Temperaturas para resultados analítico/numéricos para h = 100W/m^2.K.

1.1.2 Descrição	T(K) – analítico	T(K) – numérico
T(1)	367,2280	367,5165
T(2)	362,1459	362,8112
T(3)	357,6989	358,8393
T(4)	353,8395	355,5400
T(5)	350,5261	352,8409
T(6)	347,7231	350,6642
T(7)	345,4005	348,9337
T(8)	343,5333	347,5813
T(9)	342,1014	346,5515
T(10)	341,0894	345,8054
T(11)	340,4866	345,3214
T(12)	340,2863	345,0956

Tabela 3 – Temperaturas para resultados analítico/numéricos para h = 500W/m^2.K.

1.1.3 Descrição	T(K) – analítico	T(K) – numérico
T(1)	358,6522	359,1811
T(2)	347,3037	348,3074
T(3)	338,3429	339,7658
T(4)	331,2869	333,0721
T(5)	325,7554	327,8449
T(6)	321,4502	323,7858
T(7)	318,1393	320,6632
T(8)	315,6444	318,2996
T(9)	313,8310	316,5624
T(10)	312,6012	315,3566
T(11)	311,8889	314,6192
T(12)	311,6557	314,3156

Tabela 4 – Temperaturas para resultados analítico/numéricos para h = 1000W/m^2.K.

1.1.4 Descrição	T(K) – analítico	T(K) – numérico
T(1)	353,4647	353,8672
T(2)	339,3932	340,1141
T(3)	329,2620	330,2336
T(4)	321,9742	323,1399
T(5)	316,9408	318,0516
T(6)	312,9950	314,4077
T(7)	310,3314	311,8073
T(8)	308,4615	309,9660
T(9)	307,1830	308,6853
T(10)	306,3573	307,8306
T(11)	305,8952	307,3164
T(12)	305,7465	307,0966

Observação Tabela 1: A diferença máxima entre as temperaturas, para h = 10W/m^2.K, está na casa de 3,02%, o que não é uma variação tão expressiva.

Observação Tabela 2: A diferença máxima entre as temperaturas, para h = 100W/m^2.K, está na casa de 1,41%, o que não é uma variação tão expressiva.

Observação Tabela 3: A diferença máxima entre as temperaturas, para h = 500W/m^2.K, está na casa de 0,87%, o que não é uma variação tão expressiva.

Observação Tabela 4: A diferença máxima entre as temperaturas, para h = 1000W/m^2.K, está na casa de 0,46%, o que não é uma variação tão expressiva.

CONCLUSÃO

As aletas são de grande importância na engenharia, principalmente na análise de *trocadores de calor*. O método numérico aplicado neste trabalho para solucionar a transferência de calor unidimensional em aletas, apesar de simples e com uma malha considerada grosseira (n = 12), apresentou bons resultados, visto que as variações de temperatura comparadas com a solução exata (solução analítica) foram de no máximo 3% no pior caso, e mais, quanto maior o coeficiente de transferência de calor por convecção, menor é a diferença máxima entre o resultado numérico e o exato. Como proposta para trabalhos futuros, o autor propõe que o problema de distribuição de temperatura nas aletas seja estendido para as análises bi e tridimensionais.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARPACI, Vedat S. **Conduction Heat Transfer**. Addison-Wesley, 1966. 550p.

BARROSO, Leônidas Conceição, BARROSO, Magali Maria de Araújo, CAMPOS FILHO, Frederico Ferreira, CARVALHO, Márcio Luiz Bunte de, MAIA, Miriam Lourenço. **Cálculo Numérico com Aplicações**. Editora Harbra, São Paulo-SP, Brasil, 1987. 367p.

BRONSON, Richard e COSTA, Gabriel. **Equações Diferenciais**. Editora Bookman, Porto Alegre-RS, Brasil, 2006. 400p.

GUPTA, M. M. and ZHANG, J.. **High accuracy multipgrid solution of the 3D convection-diffusion equation**, Applied Mathematics and Computation, 2000, **113**, 249 – 274.

LEITHOLD, Louis. **O Cálculo com Geometria Analítica – Volume 2**. Editora Harbra, São Paulo-SP, Brasil, 1994. 1178p.

LEVENSPIEL, Octave. **Termodinâmica Amistosa para Engenheiros**. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo-SP, Brasil, 2002. 323p.

OZISIK, M. N. **Heat Conduction**. John Wiley & Sons, New York, USA, 1980.

POTTER, Merle C. e SCOTT, Elaine P.. **Termodinâmica**. Editora Thomson, São Paulo-SP, Brasil, 2006. 365p.

ROMÃO, Estaner Claro, CAMPOS-SILVA, João Batista, APARECIDO, João Batista. **Variantes do Método de Elementos Finitos para Solução de Problemas Convectivo-Difusivos Unidimensionais**. XXIV Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering, Ouro Preto-MG, Brasil, 2003.

ROMÃO, Estaner Claro, CAMPOS-SILVA, João Batista, APARECIDO, João Batista. **Solução de Problemas Convectivo-Difusivos Transientes Unidimensionais pelo Método dos Elementos Finitos**. VI Simpósio Mineiro de Mecânica Computacional, Itajubá-MG, Brasil, 2004.

ROMÃO, Estaner Claro, CAMPOS-SILVA, João Batista, MOURA, Luiz Felipe Mendes de. **Variantes do Método de Diferenças Finitas na Solução da Equação de Convecção-Difusão Unidimensional Permanente.** VII ERMAC, Região 3, Recife-PE, Brasil, 2007.

SMITH, G. D. **Numerical Solution of Partial Differential Equations**. Oxford Mathematical Handbooks*,* NewYork, 1971.

WENDLANDER, E.. **Modelos Matemáticos e Métodos Numéricos em Águas Subterrâneas**. Notas em Matemática Aplicada*,* SBMAC, 2003.

WYLEN, Gordon Van, SONNTAG, Richard e BORGNAKKE, Claus. **Fundamentos da Termodinâmica Clássica**. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo-SP, Brasil, 1994. 589p.

FRICTION STIR WELDING EM LIGAS DE ALUMÍNIO

Aluminum alloys Friction Stir Welded

Marcio José Cuccolo ROSALES
Faculdade de Jaguariúna

João Luis Bilia LOPES
Universidade Federal de São Carlos

Resumo: O processo de soldagem FSW promove a formação de juntas de alta qualidade. As soldas produzidas no estado sólido geram menor aporte térmico e, como consequência, reduzem alterações microestruturais e degradações das propriedades mecânicas associadas aos ciclos térmicos durante a soldagem. Quando comparado com os processos convencionais de soldagem, o processo FSW garante vantagens em função da elevada produtividade. Entre as principais aplicações, destacam-se com potencial para implantação a indústria automotiva, aeroespacial, ferroviária e de produção energética, principalmente na soldagem de ligas leves, de baixo ponto de fusão e juntas do tipo dissimilares (de diferentes materiais).
Palavras-chave: Soldagem, *Friction Stir Welding*, FSW, Ligas de Alumínio.

Abstract: Solid-state joining techniques such as Friction Stir Welding (FSW) are a natural choice to produce weld low heat input, limited slight distortion and low microstructural and mechanical degradation. Great effort has currently been devoted to the joining of Al alloys because of their high strength, improved formability, and application in airframe structures. FSW is a continuous, hot shear, autogenous process involving a non-consumable and rotating tool plunged between two abutting workpieces. Compared to conventional arc welding techniques, FSW guarantees high productivity. FSW is a plausible process applied mainly for automotive and aerospace industries, including light weight alloys, specially low melting point materials and dissimilar joints.
Keywords: Welding, Friction Stir Welding, FSW, Aluminum Alloys.

1. Introdução

O alumínio e as suas ligas têm importantes aplicações na indústria automotiva e aeronáutica, uma vez que a combinação de baixa densidade com alta resistência mecânica e excelente conformabilidade a quente garantem sua utilização em escala industrial. Entretanto, as dificuldades de soldagem das ligas de Al por processos convencionais de fusão a arco elétrico têm limitado as suas aplicações. A soldagem por *Friction Stir Welding* (FSW) é uma alternativa que evita os problemas relacionados com a solidificação como porosidades e trincas a quente, além de

reduzir as distorções da peça, a degradação da microestrutura e das propriedades mecânicas. É uma técnica de soldagem no estado sólido, na qual o aporte de calor garante ciclos de temperatura inferiores ao ponto de fusão do material.

O processo FSW consiste em uma ferramenta rotativa não consumível que é inserida no material e avança de modo contínuo, consolidando uma junta de alta qualidade. Durante a soldagem, a resistência do material diminui nas vizinhanças da ferramenta, pois o atrito e a força axial aplicadas geram calor para facilitar o escoamento viscoplástico do material. O controle da temperatura é importante, uma vez que modifica a morfologia dos precipitados e muitas propriedades das ligas de Al, tais como resistência mecânica, tenacidade, fluência e corrosão sob tensão.

2. *Friction Stir Welding*

FSW é um processo de soldagem no estado sólido, patenteado e desenvolvido pelo *The Welding Institute* (TWI) em 1991, na Inglaterra. O processo consiste em uma ferramenta cilíndrica não consumível, composta por duas partes distintas: 1) *shoulder* e 2) pino, que está conectado ao *shoulder*. A ferramenta é rotacionada para formar uma região no material termomecanicamente deformada, que resulta na união da junta. A ação combinada de rotação e força axial promove o aquecimento e a diminuição da resistência à deformação plástica do material. A principal função da ferramenta é, portanto, movimentar o material nas regiões adjacentes ao centro da junta, como pode ser observado na Figura 1 [1].

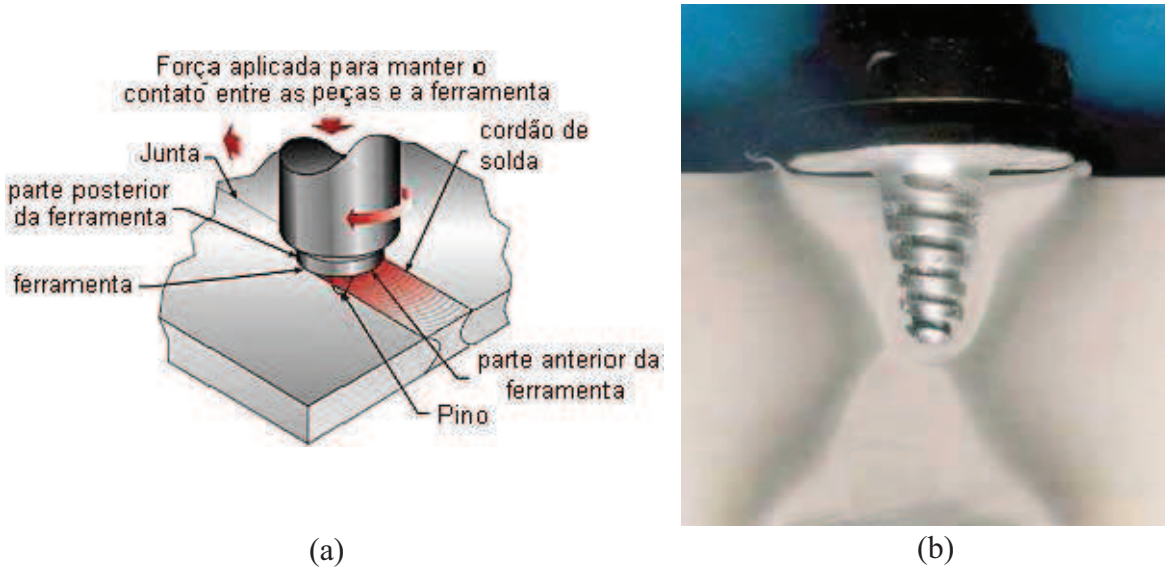


Figura 1 – Ilustração do processo FSW (a) representação esquemática do movimento da ferramenta e a consolidação do cordão de solda e (b) detalhe da ação do pino com roscas no interior da junta [2].

O processo FSW pode ser divido em três etapas. Inicialmente as chapas são fixadas e a ferramenta, que é comandada por um robô conectado a um Controle Numérico Computacional (CNC), é plugada no centro da junta. Em seguida, a ferramenta avança em velocidade transversal constante pela linha de centro da junta. Na parte posterior ao cordão consolidado do pino forma-se uma região deformada plasticamente. Por fim, a ferramenta se retrai e a solda é formada no estado sólido, sem que haja a fusão do metal [1].

A Figura 2 mostra em detalhe a ferramenta composta pelo *shoulder* e pino, de geometria definida, i.e. com roscas e facetado, para facilitar o escoamento do material. A soldagem ocorre através do calor gerado por atrito e deformação plástica principalmente pela ação do *shoulder*. O aquecimento localizado aumenta a ductilidade do material ao redor do pino e a combinação da rotação da ferramenta e o movimento de avanço provoca o deslocamento do material da frente do pino para trás, além do lado de retrocesso para o lado de avanço. Devido às diversas formas geométricas que pode assumir a ferramenta, o movimento do material ao redor do pino pode ser bastante complexo [3].

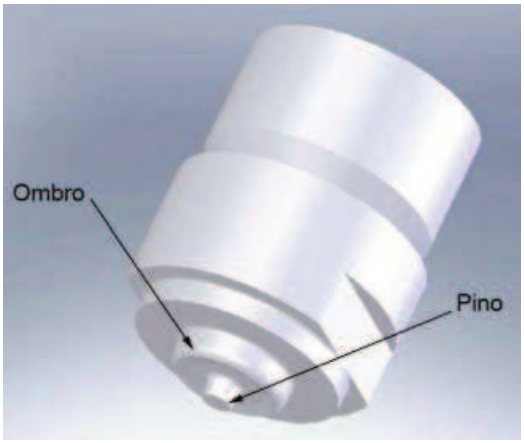


Figura 2 – Ferramenta de FSW típica [3]

No processo FSW a solda é realizada sem a ocorrência de fusão, pois a temperatura atinge no máximo 80% da temperatura de fusão. Por isso, evitam-se os problemas de solidificação e de trincas a quente – o que caracteriza vantagem quando comparado com processos convencionais de soldagem. Além disso, o calor mais baixo minimiza as distorções na peça [2].

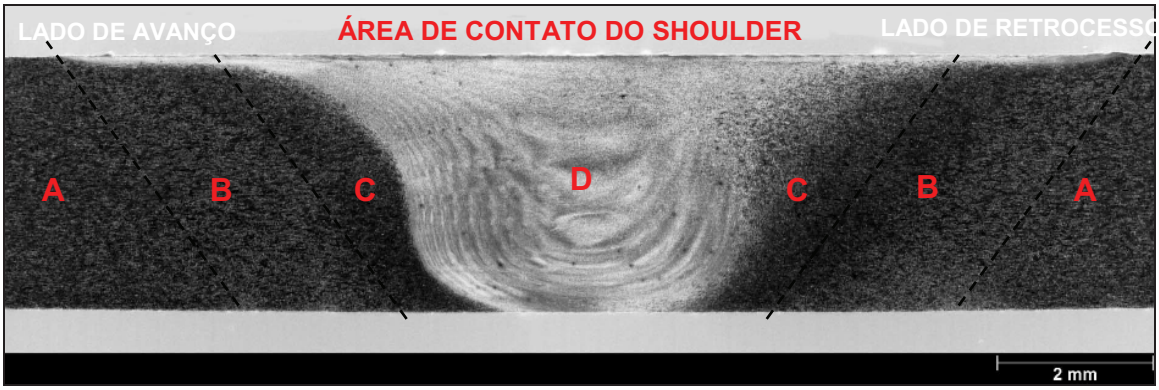
Na soldagem por FSW ocorre uma complexa movimentação do material e deformação plástica. Portanto, os parâmetros do processo exercem grande importância na qualidade da junta soldada. Geometria da ferramenta, formato da junta e parâmetros de soldagem, como pressão aplicada, velocidade de rotação e de avanço, são as principais variáveis, pois causam grandes efeitos na movimentação e no aquecimento do metal que influem na evolução da microestrutura. Os parâmetros devem assegurar o balanço entre massa e volume para o material possa escoar sem formar defeitos [4].

Em função do baixo aporte térmico, os índices de empenamento e rejeição são reduzidos. Além de permitir a soldagem tanto de ligas similares quanto dissimilares, o processo FSW não necessita de metal de adição ou proteção gasosa e não gera respingos, fumaça e radiação ultravioleta, como os métodos convencionais de soldagem por fusão. Entretanto, necessita de um sistema altamente rígido de fixação das chapas devido às forças envolvidas. Entre as

principais desvantagens do processo, há a formação de um furo no final de cordão de solda e a dificuldade na soldagem de materiais com alto ponto de fusão [3].

2.1. Microestrutura da junta Soldada

A microestrutura dos materiais soldados por FSW pode ser dividida em quatro regiões distintas: material de base, zona afetada termicamente - ZAT, zona afetada termo-mecanicamente – ZATM e zona dinamicamente recristalizada, ou lente de soldagem (*nugget* ou *Stir zone*). Estas regiões microestruturais características do processo FSW podem ser observadas na Figura 3 [1].



A Metal Base **(MB)**

B Zona Termicamente Afetada **(ZTA)**

C Zona Termomecanicamente Afetada **(ZTMA)**

D *Stir Zone* **(SZ)**

Figura 3 - Representação das regiões microestruturais formadas do processo FSW [1].

A) Material de base

Essa região fica suficientemente longe do cordão de solda para não ser afetada pelo calor e pela deformação decorrente do processo. Por isso, não existem alterações na microestrutura [1].

B) Zona Afetada Termicamente – ZAT

Na ZAT a microestrutura é modificada apenas pelos ciclos térmicos induzidos pelo processo FSW e não por deformação mecânica. Apesar de manter a mesma estrutura de grão do material base ocorre alteração da densidade de linhas de discordância, reações de dissolução, precipitação de partículas endurecedoras e coalecimento dos precipitados [1].

C) Zona Afetada Termo-mecanicamente – ZATM

A ZATM é região de transição entre a ZAT e a lente de soldagem. Essa zona transfere calor para a ZAT, influenciando a microestrutura. A temperatura gera ciclos térmicos que serão responsáveis pela aceleração do envelhecimento (superenvelhecimento) e processo de recuperação que resultam em piores propriedades mecânicas [4].

D) Lente de soldagem (*Stir Zone*)

O material da lente de soldagem geralmente é completamente recristalizado, com tamanho de partículas menor que 10 μm, pois essa região sofre intensa deformação plástica durante o processo a elevadas temperaturas. A forma e o tamanho da lente variam com o tamanho da ferramenta, tipo de liga e parâmetros de soldagem adotados. Os grãos estão separados por contornos de alto ângulo e há um decréscimo na densidade de linhas de discordância, ou seja, não fica evidenciada a presença de subgrãos [4]

As ligas de alumínio quando soldadas por FSW podem apresentar coalecimento ou dissolução de precipitados na matriz dependendo do tipo de liga e das temperaturas atingidas no processo [5]. Por outro lado, devido a deformação plástica que o material sofre, há um endurecimento causado pelo aumento da densidade das linhas de discordância. Contudo esse endurecimento não é tão

efetivo quanto o promovido pela presença do precipitados [6]. Por isso de modo geral para melhorar as propriedades mecânicas da solda é necessário o controle dos ciclos térmicos, a fim de minimizar os efeitos do superenvelhecimento.

2.2. Condições térmicas do fluxo de calor

Considera-se que o calor gerado durante o processo é proveniente da combinação dos efeitos da força normal aplicada sobre a chapa e o atrito entre a ferramenta e as chapas. Porém, a contribuição de calor proveniente da deformação plástica que causa a diminuição da resistência do material que é deslocado pela rotação do pino também precisa ser contabilizada no processo.

Os principais parâmetros que influenciam na geração de calor são a velocidade de rotação da ferramenta, a força normal aplicada e a velocidade de avanço. Isso somado com a condutividade do material, da ferramenta e do *backing bar,* determinam o aporte térmico e, portanto a transferência de calor. A complexidade da distribuição da temperatura faz com seja muito difícil obter equações que descrevam adequadamente o processo. Entre as variáveis que influenciam a transferência de calor para das chapas durante o processo de soldagem, podem-se citar o coeficiente de atrito que varia com a temperatura, as elevadas taxas de deformação, os diferentes parâmetros (velocidade de rotação e translação, força normal aplicada), a geometria da ferramenta e a própria composição química do material [1].

Diferentes materiais apresentam condições de escoamento distintas, pois o fluxo de material e de calor depende das propriedades físicas do material. Portanto, o desenho das zonas dependerá tanto das variáveis do processo quanto de como o calor é distribuído [7].

3. Considerações Finais

O processo FSW quando comparado aos processos convencionais de soldagem por fusão causa menos distorções, tensões residuais, mudanças na metalurgia e nas propriedades mecânicas. Por isso, as soldas possuem alta qualidade e baixo índice de rejeitos, o que torna o processo muito atraente para a indústria.

As aplicações desse processo crescem em vários segmentos da indústria. Além do setor aeroespacial, as indústrias naval, ferroviária, automotiva e de produção de energia elétrica apresentam potencial para implantação da soldagem FSW. Por esse motivo, fica evidente a necessidade de trabalhos cientifico que visam um melhor entendimento das características da soldagem por FSW.

Referências Bibliográficas

1. Rosales, M. C. Heat generation and heat transfer as influenced by changes to backing bar material when FSW aerospace grade aluminium alloys. JOINTECH-Friction Stir Welding Joining Technology Group, August 2007;

2. Mishra, R. S. Ma, Z. Y. “Friction stir welding and processing”, Materials Science and Engineering R 50 (2005) 1-78;

3. Fioravanti, A. S. Soldagem por FSW de ligas de aluminio ALCLAD AA2024-T3 e AA7075-T6. 2008. 85 pp. Dissertação para obtenção do Título de Mestre em Engenharia - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008;

4. CARLETTI, C. B. Propriedades mecânicas de juntas sobrepostas da liga AL 6061 soldadas por FSSW.. São Carlos: UFSCar, 2002. 83 p. Mestrado-UFSCar. CCET - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia. CEM;

5. Threadgill, P. Friction Stir Welds in aluminum alloys- preliminary microstructural assessment. TWI-Buletin, cidade, Cambridge, maio. 1997;

6. Chao, Y.J. Qi, X. Heat transfer and thermo-mechanical analysis of friction stir joining of AA6061 –T6 plates. In: Intenation Symposium on Friction Stir Welding, 1., 199, California. Proceeding;

7. Zetler, R. Lomolino, S. dos Santos, J. F. Donath, T. Beckmann, F. Lippman, T. Lohwasser, D. “ A Study on Material Flow in FSW of 2024-T351 and AA6056-T4 Alloys”, in 5th International FSW Symposium, Metz, France, September 2004.

NOVAS CONFIGURAÇÕES URBANAS: A TERCEIRA VIA

New urban setting: the third way

Lauro Luiz FRANCISCO FILHO
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP

RESUMO: As cidades sempre se desenvolveram espelhando em seu território a estrutura de sua sociedade. A história mostra que os diferentes momentos da organização social apresentam seu equivalente morfológico em configurações espaciais bem definidas. No século XX a principal configuração urbana estava estruturada na ocupação em bairros, com sua riqueza de relacionamentos. Com o advento da violência urbana, a fuga para enclaves seguros empurrou parte da população para os condomínios, que se multiplicaram no final da década de 90 em estruturas urbanas contínuas. Estas estruturas, no entanto, não respondem mais aos anseios da sociedade por um espaço seguro. Com isso, uma nova forma de morar, que possa agregar estas duas configurações através de uma estrutura composta, começa a aparecer como uma terceira via para habitar a cidade, buscando agregar a segurança dos condomínios fechados com a estrutura agradável e eficiente dos bairros.
Palavras-chaves: Cidades, Urbanismo, Configurações Urbanas.

ABSTRACT: Cities have always been developed in its territory mirroring the structure of their society. History shows that the different moments of social organization have its equivalent in morphological well-defined spatial configurations. In the twentieth century the main urban setting was structured in the occupation in neighborhoods, with its wealth of relationships. With the advent of urban violence, the flight to safe enclaves pushed the population to the condos, which have multiplied in the late 1990 continued into urban structures. These structures, however, no longer respond to the expectations of society for a safe space. Thus, a new way to live, you can add these two configurations through a composite structure, begins to appear as a third way to inhabit the city, seeking to add the safety of gated communities with the structure of neighborhoods pleasant and efficient.
Key-words: cities, urban planning, urban settings.

INTRODUÇÃO

A partir do séc. XVIII as cidades, impulsionadas pela revolução industrial, passam por fortes transformações que vão alterar sua morfologia e dinâmica de uma forma irreversível.

Essas mudanças têm sua origem no novo modo de produção que se instala com a passagem da produção artesanal para aquela eminentemente industrial, refletindo-se direta e imediatamente na configuração territorial das cidades.

O advento da máquina vai promover, dentre outras coisas, uma mudança no tamanho aparente das cidades, que até então tinham como parâmetro para seu limite a distância que o indivíduo podia andar a pé ou fazendo uso de um animal. Por conta disso as cidades nunca se expandiam além de um determinado ponto, ficando circunscritas a um território não muito extenso. As curtas distâncias favoreciam os contatos e, com isso, as relações de vizinhança, que a sociologia define como *primárias* (LAMAS, 2004). A cidade girava em torno de poucos elementos, alguns deles com forte conotação simbólica, definida por pontos de referência que davam sentido ao espaço percebido e apropriado pelo indivíduo e estabelecido como seu território (LINCH, 1997).

A configuração urbana, definida pela mobilidade humana e auxiliada pela tração animal, vai perdurar por um longo período e estabelecer a base morfológica das cidades até o surgimento da máquina como meio de locomoção, o que propiciará a ampliação das distâncias percorridas pelos indivíduos em um dado período de tempo. Na realidade, podemos entender que o principal elemento da expansão territorial é a percepção da distância por unidade de tempo, e não à distância em si. A máquina vai, neste caso, ampliar o território “utilizável” de cada indivíduo e, com isso, ampliar também os limites, expandindo a cidade em um processo de crescimento por camadas que permitirá o aparecimento de estruturas urbanas extensas e contínuas, caracterizadas pelas grandes cidades do século XX.

As configurações urbanas das cidades derivadas deste processo variam conforme as condições sócio-econômicas, culturais e históricas das sociedades que nelas habitam, espelhando no território a sua condição. No entanto, por mais diferentes que sejam, há uma estrutura básica, comum a todas, definida pela forma com que a sociedade em questão resolve seu problema de ocupação territorial pela habitação.

O objetivo deste trabalho é fazer uma reflexão sobre as formas tradicionais de ocupação do espaço da cidade atual e apontar uma alternativa que conjugue a união

do saudável, encontrado nos bairros urbanos tradicionais, e a segurança oferecida pelos condomínios modernos. O caminho tomado pelas cidades contemporâneas vai em direção ao estabelecimento de espaços cada vez mais deteriorados, tendo como orientador a usura econômica, que transforma espaços saudáveis em estruturas densas e problemáticas, e os guetos supostamente seguros, segregados por muros, cercas elétricas e todo o tipo de aparto eletrônico. Neste cenário, qual a saída possível para uma cidade mais humana e saudável

MORFOLOGIAS URBANAS DERIVADAS

A morfologia derivada da ocupação pela habitação dá uma personalidade própria à cidade, definindo padrões únicos e variados ao mesmo tempo. Único porque a estrutura viária resultante apresenta uma rede de ligações entre os indivíduos e suas atividades, articulando um espaço altamente segregado e fragmentado (LOBATO, 2000). Variado porque cada sociedade espelha sua cultura na estrutura urbana, permitindo uma diversidade saudável e rica em nuances, que diferencia um espaço do outro. Essas pequenas variações são suficientes para que o espaço urbano apresente configurações próprias, com características e personalidade particulares a cada uma delas.

Os urbanistas vêm tentando entender estes processos e conceber ambientes que contemplem os anseios do indivíduo e da coletividade, idealizando cidades que nem sempre correspondem ao idealizado (GEDDES, 1994). Por conta disso, as cidades crescem e incorporam em sua estrutura estas duas realidades: aquela derivada do controle do Estado, com seus planos rígidos e altamente burocratizados, e outra derivada da interação de cada indivíduo com o território e sua estrutura maleável, às vezes de maneira inconseqüente.

A cidade, como uma casa, possui características que podem integrar ou isolar os seus ocupantes, conforme a sua estrutura organizacional. Os espaços internos podem ser *sociópetos*, permitindo uma maior integração entre os indivíduos e reforçando as relações primárias, ou *sociófugos*, criando barreiras que isolam os indivíduos num processo que gera a segregação em nichos isolados, dificultando os

contatos primários (HALL, 1986). Este processo, facilmente identificável nos espaços privados, pode também ser identificado nos espaços públicos e nas estruturas morfológicas das cidades. Os setores urbanos são compostos por uma infinidade de objetos humanos dispostos de tal forma que permitam a cada indivíduo o isolamento necessário à sua segurança e tranqüilidade e, ao mesmo tempo, uma sinergia entre estes e os outros indivíduos que habitam o mesmo território, estabelecendo uma rede de relações característica do comportamento social humano.

As estruturas resultantes destas relações entre indivíduos na formação de grupos, e destes em sociedade, são claramente identificadas na morfologia da cidade. Derivam daí as configurações urbanas que dão identidade à estrutura urbana. Estas estruturas têm sido reproduzidas sistematicamente nas cidades ocidentais através das ocupações urbanas destinadas à habitação. Neste contexto, as décadas de 50 e 60 apresentavam comumente estruturas urbanas organizadas em bairros, baseadas em redes de relação entre os indivíduos que buscavam uma identidade cultural definida pelos limites territoriais do bairro. Desta forma, o bairro constituía uma unidade cultural/territorial/urbana com manifestações que facilitavam a integração e fortaleciam as relações. Cada cidade tem em sua trajetória a história de seus bairros. Estes quase sempre marcaram uma determinada época, e mesmo deteriorados pela evolução urbana, não raro acabam por deixar um legado de união, de “camaradagem”, e um certo “sentimento de saudosismo” entre os antigos moradores, que repetem suas experiências para as novas gerações como “algo bom que se perdeu no tempo”. Em outros casos os bairros conseguiram manter sua identidade cultural, resistindo às forças desintegradoras e preservando suas características até os dias atuais. Classificamos esta estrutura como a *primeira via* urbana, que ainda se apresenta como a opção mais comum para estruturação da cidade e manutenção de relações primárias.

A partir da década de 70, as cidades começam a sofrer um processo de inchamento acompanhado pelo empobrecimento da população. Os primeiros Planos Diretores Integrados, então exigência do governo militar que adotava uma política de planejamento centralizada, haviam falhado e o Brasil enfrenta um *vazio* no desenvolvimento *Stricto Senso* do planejamento urbano. Os processos que se

instalam, a partir de então, vão privilegiar o desenvolvimento de uma ocupação urbana altamente segregada pelas classes mais altas, e o aparecimento das ocupações tipo “faça você mesmo” pelas classes mais baixas. Houve o estímulo de autoconstruções e a implantação de conjuntos habitacionais baseados nos mutirões.

O início dos anos 80 apresenta um aumento na violência urbana, mergulhando a população num estado de medo constante. À medida que a criminalidade aumenta, temos a instalação de um “estado de medo” que afeta todo o conjunto da sociedade, dando origem a comportamentos que incentivam cada vez mais a violência urbana como um todo, num processo multiplicativo que acaba por comprometer a qualidade de vida de quem habita as cidades (FRANCISCO FILHO, 2004). Buscando proteger sua integridade, as classes com maior poder aquisitivo promovem uma mudança significativa na morfologia urbana, primeiro através da adoção de barreiras físicas, depois com sua segregação em enclaves urbanos protegidos, tendo como principal exemplo o condomínio.

No final dos anos 90 o processo de *condominização* se estabelece como uma nova e desejada forma de habitar a cidade. Este processo causa uma profunda mudança na estrutura urbana, alterando desde a rede de relacionamentos até a morfologia da cidade. Os condomínios se apresentam como a solução ideal para manter a violência urbana longe das residências, através da utilização de controles de acesso e do isolamento do seu território por um aparato de segurança que envolve o uso de câmeras, cercas elétricas e muros encimados por grades e arames farpados. Neste contexto, o mercado se encarregou de promover este novo *modus viventi* como a recuperação do “paraíso de viver na cidade”, prometendo isolar os benefícios da vida urbana dos elementos negativos inerentes à cidade. Essa nova configuração, que apresenta benefícios e problemas, pode ser entendida como a *segunda via* de estruturação urbana, adotado pelas cidades adotar como possível solução para os problemas oriundos da violência.

A mídia, aliada a um mercado em expansão, incute no ideário do cidadão as vantagens de se habitar essa nova estrutura, criando a ilusão de isolamento do “pesadelo” da violência urbana. As campanhas, no entanto, atingem indistintamente todas as camadas sociais, disseminando o desejo de habitar o condomínio a todos,

indistintamente. O valor das unidades habitacionais em condomínios, neste contexto, sofre elevada alta, comparado ao das unidades de mesmo padrão pertencentes a bairros tradicionais.

Diante desta realidade e na busca de alcançar também o acesso a esta nova estrutura, habitantes de determinados setores urbanos promovem o fechamento parcial do seu território. Apesar de algumas cidades não terem permitido o nascimento desta configuração, a maioria tem convivido com esta realidade e tentado adaptar sua legislação urbanística visando acomodar esta nova configuração. Definimos esta configuração como a *terceira via.*

Estas estruturas têm convivido no tecido urbano da cidade estabelecendo um frágil equilíbrio entre os interesses do indivíduo e da coletividade. A cidade do terceiro milênio, no entanto, terá de encontrar uma saída para o desenvolvimento sadio de sua estrutura, permitindo que o ato de morar seja pleno, dotado de qualidade de vida para o cidadão e a coletividade. Para esta questão seja equacionada, no entanto, é fundamental que se entenda a forma com que as cidades se estruturam, quais os caminhos tomados pela sociedade da construção de seus espaços, quais as *vias* trilhadas e quais as possíveis.

A PRIMEIRA VIA – BAIRROS URBANOS

Os bairros urbanos, historicamente, prevaleceram na estrutura da cidade, guardando consigo todo um conjunto simbólico que se integra perfeitamente à paisagem urbana, com suas quadras, ruas bucólicas e toda uma rede de serviços que imprimem uma dinâmica saudável ao convívio do indivíduo com o seu lugar. Morar no bairro sempre significou manter a identidade, o senso territorial e relações que fortalecem a comunidade como um todo, fornecendo ao indivíduo sensação de segurança. Esta estrutura caracterizou o bairro como um lugar onde predominantemente está presente, embora não exclusivamente, uma população e/ou uma função particular – bairros operários, bairros residenciais, bairros sociais, bairros comerciais – organizados de forma a dar continuidade, complementaridade funcional, residencial e arquitetônica do espaço social (GONÇALVES, 1988). Por

manter suas características básicas ancoradas no processo cultural e social dos grupos que o habitam, podem permitir uma estreita rede de relações primárias onde cada indivíduo mantém contato com outro, aprofundando a sensação de grupo, em uma relação simbiótica com seu meio e com vizinhos.

Desta forma, nota-se que os serviços de bairro possuem estreito relacionamento com os habitantes e se colocam nos nichos de mercado de uma forma harmônica, maximizando sua função e dando vitalidade à dinâmica urbana. Quando esta harmonia é quebrada, há uma descaracterização do bairro como identidade cultural/territorial e as relações primárias vão aos poucos sendo substituídas por relações secundárias, promotoras da segregação. Sem as relações primárias o bairro perde sua identidade e assume outra característica dentro do universo urbano, se comportando como uma estrutura apenas funcional/ econômica e não mais funcional/social.

Dentre os fatores desagregadores que promovem a quebra da harmonia, surgem como os mais importantes o aumento da densidade e a violência urbana. A densidade exerce um papel desagregador das relações à medida que força as pessoas a viverem em um estado de constante proximidade, violando os limites da distância pessoal e social (HALL, 1966). Estas distâncias não são exclusividade dos humanos, mas estão presentes na maioria das espécies vivas. No mundo animal, quando estes padrões são rompidos, surgem conflitos e uma rápida degeneração das relações e equilíbrio do grupo, resultando uma nova ordem social baseada em uma rede de relacionamentos rearranjada.

O bairro, neste contexto, apresenta em sua estrutura uma série de mecanismos que evitam sua total degeneração, mantendo a resistência através das relações primárias e da memória coletiva dos seus habitantes. Quando ocorre a renovação urbana, com a substituição dos antigos moradores, detentores da memória, por indivíduos sem a menor ligação com o lugar, a segregação espacial surge através de micro-enclaves, cercados por muros, alarmes e todo um conjunto de equipamentos de proteção.

O bairro ainda é uma opção saudável para o desenvolvimento urbano, constituindo um espaço onde ocorre uma rica dinâmica social, baseada na

distribuição equitativa dos serviços, no controle mais efetivo da relação densidade/infra-estrutura, e de uma estrutura integrada ao restante da malha urbana. Esta é a base da morfologia das cidades, que só se desfaz quando os processos econômicos, responsáveis pela valorização do solo urbano, transformam o bairro em um centro adensado, destinado principalmente aos negócios. Neste caso, a cidade substitui os bairros tradicionais por uma estrutura verticalizada, onde cada edifício se torna um pequeno enclave, segregando seus ocupantes em um mundo denso e ao mesmo tempo solitário.

Poucos são os bairros que mantém sua história e as relações primárias entre seus habitantes. Um exemplo disto é o bairro do Cambuí, na cidade de Campinas – SP, que apesar do intenso adensamento e verticalização ocorrida nos últimos 25 anos, ainda mantém alguns enclaves que resistem ao tempo e preservam morfologia original. No restante do bairro a verticalização substituiu as vilas e suas relações primárias por um conjunto morfológico altamente segregado, com hierarquização de ruas e quarteirões ocupados por diferentes classes sociais (fig.1).



Fig. 1 – vista do bairro Cambuí – Campinas/SP

Para além do centro verticalizado, há o domínio de uma estrutura que mescla bairros e condomínios, que se caracterizaram, ao longo das três ultima décadas, como uma saída da classe social emergente, que buscava espaços seguros, exclusivos e *saudáveis*. Os condomínios acenaram como uma possibilidade real, uma *Via* de possível e definitiva, com a promessa do *Édem* urbano.

A SEGUNDA VIA – OS CONDOMÍNIOS

Para Munford (1965), a cidade e a escrita foram as duas maiores invenções da humanidade, pois permitiram o desenvolvimento do processo civilizatório. Benevolo (1982), define a cidade como uma criação histórica particular, que teve seu início em um dado momento da evolução social, e pode acabar ou ser radicalmente transformada em um outro momento. Durante seu surgimento, na aurora da civilização, a cidade experimentou todo o tipo de configuração, desde as protocidades simbólicas do final do neolítico, passando pelas cidades-estado da idade média até as mega-regiões metropolitanas da atualidade. A partir da revolução industrial, no entanto, as cidades irão experimentar uma mudança na sua configuração jamais ocorrida ao longo de sua história. Neste momento nasce a consciência de que viver a cidade é uma experiência que vai além da simples aglomeração humana em espaços protetor e insalubre anterior à revolução industrial. A cidade passa a ser o *lócus* das experiências e desenvolvimento humano, tornando-se campo simbólico e de lutas, centro do processo produtivo desenvolvido pelo capitalismo, derivado da própria revolução industrial. As classes sociais menos favorecidas passam a ter acesso às riquezas que a cidade produz e transformam-se em consumidores contumazes, buscando a felicidade por meio do acumulo de produtos que prometem libertá-lo do jugo da miséria para um mundo cheio de benesses. O solo logo se transforma em mercadoria e passa a fazer parte do “mercado” instituído pela nova ordem econômica, orientada pelo consumo.

Habitar a cidade é estar perto do centro econômico e, com isso, ter acesso às melhores oportunidades de emprego, lazer e qualidade de vida. A morfologia urbana típica é ditada pela ocupação por residências, mescladas com as indústrias e o comércio. A figura do bairro é a estrutura básica da cidade e se desenvolve até os anos 50 como a identidade do próprio conceito de cidade, que se apresenta como a junção de bairros. A partir dos anos 50 o êxodo em direção aos centros urbanos transforma a estrutura morfológica da cidade com o surgimento das áreas de condomínio, inicialmente apresentados como uma resposta ao conceito *corbusiano* de “máquina de morar”.

O modernismo, no entanto, vai transformar a arquitetura tradicional em arquitetura tecnológica, baseada principalmente nos edifícios e condomínios verticais. Em 1951 é projetado em Belo Horizonte a Torre Kubitschek, ou Conjunto JK, o maior condomínio residencial da época. Os construtores anunciavam uma nova era, um novo espírito, uma forma totalmente diferente de habitação. A realidade é que 5.000 moradores se "espremiam" em um complexo de pequenos apartamentos junto a lavanderias, cinemas, hotéis, museus, lojas, padarias, confeitarias, restaurantes, etc..

Em São Paulo, o edifício Copan, construído em 1962 com 120 mil m^2, repetiu o modelo *corbusiano* na construção de um complexo verticalizado que prometia uma experiência nova de morar, com serviços típicos dos bairros no interior do próprio conjunto. O edifício apresentava 1160 apartamentos com áreas entre 26 a 350 metros quadrados, distribuídos em 6 blocos. No térreo, funcionam cerca de 70 lojas, dentre as quais: uma igreja, um alfaiate, um *fast food* chinês, quatro restaurantes, uma lavanderia, dois cafés, uma videolocadora, cinco telefones públicos, uma doceria, uma agência de turismo, uma papelaria e um despachante. Os 5000 residentes são transportados por elevadores e distribuídos nos seus 32 andares. Com 140 metros de altura, o Copan está classificado como um dos edifícios residenciais mais populosos do mundo.

Apesar destas experiências, só em 1964 foi promulgada a Lei n° 4.591, conhecida como a "Lei de Condomínio", que veio para organizar a vida nos edifícios de apartamentos e ainda se aplica também às modalidades mais recentes dos condomínios horizontais. Atualmente, devido às mudanças na morfologia e estrutura dos modernos condomínios, a lei está se tornando desatualizada e obsoleta em algumas questões.

A partir da década de 90, os condomínios se horizontalizam e se proliferam na estrutura urbana das grandes cidades. Diferente dos mega-condomínios verticais, que surgem dentro de uma proposta de liberação do solo urbano para atividades de lazer, os condomínios horizontais nascem supostamente comprometidos com a segurança de seus habitantes, impulsionados pelo significativo aumento da violência urbana e a necessidade de uma moradia segura.

No interior paulista, cidades como Valinhos e Vinhedo tiveram sua estrutura urbana totalmente alterada devido à ocupação de seu território por condomínios residenciais. A proximidade destas cidades da região metropolitana de Campinas faz com que constituam uma oportunidade de escape para parte da população economicamente ativa, que busca uma forma segura de morar, estando ao mesmo tempo próxima de centro econômico.

Este fenômeno tende a se alastrar primeiro pelas bordas das grandes cidades e regiões metropolitanas, e posteriormente pelas cidades de pequeno e médio porte, como uma nova configuração urbana derivada dos grandes centros. Como fenômeno irreversível, o processo de *condominização* do espaço urbano deve apresentar alguns problemas de difícil solução para os planejadores e gestores urbanos. O principal é a oferta de serviços, que ocorre de forma natural na estrutura de bairros, mas não está presente no condomínio. Com a proliferação destes *enclaves* e a conseqüente conurbação dos mesmos num tecido urbano contínuo, há o aumento na demanda por produtos e serviços normalmente oferecidos pelo comércio de bairro. Sem esta possibilidade, surge um intenso movimento pendular em direção aos centros de serviços que acaba por comprometer toda a estrutura viária da região.

Outra questão de difícil solução está relacionada à condição econômica das classes que têm acesso aos condomínios, notadamente média-alta, com poder aquisitivo considerável, que transformam os condomínios em estruturas urbanas altamente segregantes, pois são projetados e construídos para uma população economicamente ativa e com bom poder aquisitivo, deixando de lado uma significativa parcela da população, forçada a se localizar nas franjas periféricas das cidades em loteamentos irregulares, “invasões” ou favelas. Com a proliferação dos condomínios, esta realidade urbana tende a se agravar cada vez mais, aprofundando a segregação sócio-espacial das modernas cidades.

Os condomínios, como *via* estruturadora do espaço urbano, não foi consistente, gerou graves distorções no espaço urbano e aprofundou mazelas que pretendia resolver. O caminho a ser tomado certamente não pode ser polarizado entre uma ou outra solução, mas agregar o que cada uma tem de positivo e

transformar estes potenciais numa *Via* alternativa que aponte para uma solução duradoura.

TERCEIRA VIA – ESTRUTURAS COMPOSTAS

O advento da mecanização ocorrida após a revolução industrial e a *tecnização* resultante da aplicação maciça do desenvolvimento tecnológico na estruturação das cidades imprimem uma morfologia urbana caracterizada por espaços densos, compostos por uma infinidade de objetos técnicos, além dos edifícios verticalizados. A configuração de bairro, com suas ruas bucólicas, "comércio de esquina" e pequenas praças, dá lugar a edifícios cada vez maiores e concentradores, responsáveis pelo isolamento e quebra das relações primárias entre as pessoas. As pequenas praças cedem lugar aos estacionamentos ou são afogadas pelo tráfego intenso, resultado do próprio adensamento. Este processo aniquila a identidade do bairro, que assume uma característica impessoal, com cidadãos "encastelados" em seus edifícios, vivendo uma realidade não mais simbiótica com seu meio. A perda da identidade do bairro também incute a perda da sinergia entre indivíduo e lugar, tão necessária à sua sobrevivência e estabilidade. Junto com a nova configuração verticalizada vem o *stress* da agitação diária, do barulho, da poluição do ar, sonora e visual, além do estabelecimento do "estado de medo", ocasionado pelo aumento da violência urbana.

Como estrutura urbana, o bairro possui uma configuração *permissiva*, democrática, não exibindo barreiras, convidando ao convívio, à entrada e à integração. Estes ingredientes que dão "personalidade" ao bairro são possivelmente os responsáveis pela sua degeneração e necessidade de mudança, pois o acesso democrático à sua estrutura também atrai aqueles que buscam na prática dos atos ilícitos o seu modo de vida. O resultado é a fuga para ilhas de segurança, onde o acesso democrático ao espaço passa a sofrer controle por conta de uma infinidade de barreiras. Os condomínios, que antes representavam um processo administrativo para permitir o convívio em estruturas verticalizadas, passam por uma profunda mutação, transformando-se em enclaves urbanos horizontalizados, mantendo em como essência o controle de acesso ao seu território e as barreiras que protegem o

indivíduo do “mundo exterior”. Durante os anos 90 o condomínio horizontal passa a ser o sonho de morar da classe média, que busca nesta configuração urbana a fuga para seus medos e anseios.

Dentro desta realidade, existe uma parcela da população com médio poder aquisitivo que não pode ter acesso aos condomínios, e ainda aquela que, por habitar bairros com boa estrutura urbana, desejam manter sua condição. Na tentativa de unir estas duas configurações, os indivíduos começam a transformar seus bairros em novos enclaves urbanos com a colocação de barreiras nas ruas, restringindo o acesso ao seu interior, criando assim uma nova configuração urbana que não caracteriza um bairro, nem tampouco um condomínio.

Na estruturação desta nova configuração urbana, apenas aqueles elementos que dão segurança aos condomínios foram adotadas. O controle de acesso, por meio de barreiras físicas que tiram a característica democrática do bairro, acaba não fornecendo o isolamento típico dos condomínios. Desta forma, esta configuração – a que definimos como *Bairro Condomínio* ou *Bairro Fechado* - se transforma em um “elemento híbrido” que, como seu “congênere biológico”, apresenta uma infinidade de problemas, dentre os quais a falta de segurança contra a violência urbana, justamente aquilo que motivou seu surgimento. Os bairros, antes cheios de vida e com toda uma gama de serviços, tornam-se assim locais *estéreis,* sem movimento, principalmente devido ao medo extremo que seus habitantes desenvolveram de pessoas estranhas em seu território. Como as relações primárias foram desfeitas, os moradores perdem o relacionamento entre si, ficando isolados em supostas “*ilhas de segurança”*, que se restringem a suas próprias habitações.

A nova configuração do *Bairro Condomínio* se expande por várias cidades brasileiras, advinda da necessidade de proteção contra a violência urbana experimentada pelas populações. Pode-se citar como exemplo o bairro Parque das Universidades, na cidade de Campinas/SP, que fechou seus acessos por meio de barreiras físicas implantadas na entrada da maioria das ruas, restringindo a relação com a estrutura urbana adjacente a apenas uma entrada e uma saída. Observa-se neste e em todos os outros casos um recrudescimento da segregação das pessoas dentro dos seus imóveis, uma vez que as barreiras dificultam apenas a entrada de

veículos, não a de pessoas que podem representar o real perigo. Como conseqüência, houve um paradoxal aumento do sentimento de medo.

Nota-se que os *Bairros Condomínios*, da maneira que se apresentam, constituem também estruturas urbanas deficientes, porém concentrando em sua essência a saída para o caos urbano. O desespero implantado pela necessidade de uma saída rápida da ameaça da violência empurrou as pessoas para estes locais estruturados de uma forma equivocada e que representou frustração, mas o que precisa ser entendido é que a implantação de poucos elementos fará com que os *Bairros Condomínios* tornem-se ambientes sadios, resgatando os elementos básicos que caracterizam a dinâmica urbana, na forma original que a cidade foi concebida.

Assim, Os *Bairros Condomínios*, no entanto, podem se configurar na *terceira via* para a ocupação urbana desde que haja o entendimento de que o maior fator de segurança não está no controle de acesso, mas na recuperação das relações primárias entre os seus habitantes. É fundamental que se restabeleça esta rede de relações, dando sentido a uma configuração urbana que remontaria a unidade de vizinhança, principal forma de organização e do desenho da área habitacional entre os anos 50 e 60. A retomada deste conceito, no entanto, deverá mudar a idéia de que o desenho urbano e a morfologia da cidade estão em segundo plano, priorizando o funcionalismo da mesma. O fechamento de bairros ou setores urbanos deve observar determinadas características para que venha a se tornar a *terceira via* de uma nova configuração.

CONCLUSÃO

As configurações urbanas surgem como reflexo do momento que a sociedade apresenta num determinado momento. Os *Bairros Condomínios* são a materialização do momento atual que a sociedade atravessa, assolada por problemas derivados da alta densidade da estrutura urbana central e da criminalidade. O fechamento dos bairros, porém, não ira resolver os problemas e, em alguns casos, haverá o recrudescimento destes fatos.

O principal fator positivo que os *Bairros Condomínios* podem apresentar é a possibilidade de recuperar as relações primárias no meio urbano e criar um verdadeiro conceito de vizinhança, que é perdido no momento em que os bairros se adensam, verticalizam e assumem uma morfologia típica de áreas centrais.

Se a estrutura urbana puder oferecer a possibilidade de uma simbiose entre comunidade, serviços e estado, mantendo as características do bairro e mesclando com os elementos de gestão dos condomínios, sem os pontos negativos destes, a configuração resultante será uma estrutura flexível, baseada principalmente na relação de vizinhança entre seus habitantes. Com isso cria-se um sentimento de local, uma sinergia entre o território e o indivíduo de forma a permitir um aumento da qualidade de vida da comunidade.

O estado terá que manter uma relação mais profunda com estes setores urbanos, oferecendo segurança, infra-estrutura e toda a gama de serviços típicos dos setores caracterizados pelos bairros. Isso permite o desenvolvimento de estruturas sadias, com serviços adequados, tendo nas relações primárias o fator indutor de uma nova ordem, desenvolvido pela coletividade em resposta aos problemas criados por um meio urbano denso, despersonalizado, sufocante e limitador do estado de vizinhança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benevolo, Leonardo (1982) ***Storia della cittá*** . - Roma-Bari : Laterza, 1982 .- 1060p., il.

Francisco Filho, L. L. (2004) ***Distribuição espacial da violência em Campinas: uma análise por geoprocessamento.*** Rio de Janeiro: UFRJ/IG, Tese (doutorado) – UFRJ 2003

Geddes, P. (1994) ***Cidades em evolução***. Campinas: Papirus, 1994.

Gonçalves, Antonio Custódio (1988) ***Bairros Urbanos como lugares de práticas sociais***. Revista da Faculdade de Letras – Geografia. I série, Vol. IV, Porto, 1988, Pt

Hall, Edward T. (1986) – ***A Dimensão Oculta***. Relógio D`água Editires, Lisboa, 1986, Pt.

Lamas, J. M. R. G. (2004) ***Morfologia urbana e desenho da cidade***. 3. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

Lynch, K. (1997) ***A imagem da cidade***. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

Mumford, L. (1965) ***A Cidade na História***. Belo Horizonte : Itatiaia. 1965.

Santos, M. (1996) ***A urbanização brasileira***. São Paulo: Hucitec, 1996.

COMPRESSÃO DE SINAIS DE FALA UTILIZANDO REDES NEURAIS

Speech Signal Compression Using Neural Networks

Mário ULIANI NETO
Faculdade de Jaguariúna
Faculdade Politécnica de Campinas
Fundação CPqD

Flávio Olmos SIMÕES
Fundação CPqD

Jeremias Barbosa MACHADO
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Resumo: Propomos aqui uma técnica de compressão de fala baseada em quantização vetorial. Uma rede neural com treinamento não supervisionado é usada para implementar o quantizador. Idéias gerais do problema de quantização vetorial são abordadas em conjunto com aspectos introdutórios relativos ao processamento de sinais de fala. Em seguida, é mostrado como a técnica de quantização vetorial pode ser empregada para construir um codebook de fala. As redes de Kohonen bidimensionais são apresentadas como uma ferramenta para a geração do codebook. Finalmente, são apresentados resultados de simulação evidenciando as melhores estratégias de inicialização e treinamento da rede, assim como a melhor topologia da rede para o problema em questão.
Palavras-chave: Compressão de sinais de fala; quantização vetorial; redes neurais com treinamento não supervisionado; processamento de sinais.

Abstract: We propose a speech compression technique based on vector quantization. A neural network with unsupervised learning is used to implement the vector quantizer. Some general issues concerning the vector quantization problem are presented, as well as some basic aspects related to speech signal processing. The idea of using a codebook to perform speech compression is introduced, and the use of a 2-dimensional self-organizing Kohonen map to generate the codebook is proposed. Finally, simulation results are presented, giving some insights on the best network initialization and training strategies, as well as the best network topology for this problem.
Key-words: Speech compression. Vector quantization. Neural networks with unsupervised learning. Signal processing.

Introdução

Uma base de dados cujos elementos são vetores de dimensão fixa pode ser armazenada de forma bastante compacta através da utilização da técnica conhecida como quantização vetorial. Nesta técnica, os vetores da base de dados original são

substituídos por vetores aproximados, extraídos de um inventário gerado previamente, denominado codebook. A eficácia do processo de compressão via quantização vetorial pode ser medida a partir do erro de quantização introduzido na nova representação dos dados. No projeto do codebook, visa-se à minimização do erro de quantização médio.

Quadros de sinais de fala parametrizados são um exemplo de dados que podem ser armazenados em notação vetorial e, portanto, podem ser submetidos a um processo de compressão via quantização vetorial.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma estratégia de compressão de sinais de fala baseada na divisão do sinal em quadros síncronos com o período de pitch, seguida da representação dos quadros como vetores de parâmetros e da compressão do conjunto de quadros via quantização vetorial.

Na proposta aqui apresentada, utiliza-se uma rede neural bidimensional do tipo SOM (self-organizing map) (RUNSTEIN, 1998) em conjunto com o algoritmo de clusterização k-means para implementar o processo de clusterização dos quadros da base de treinamento, a fim de gerar o codebook de fala. O codebook gerado é usado na compressão de novos sinais de fala, através da transformação da seqüência de quadros do sinal a ser codificado em uma seqüência de índices do codebook. No processo de decodificação, a seqüência de índices do codebook é transformada novamente em uma seqüência de quadros e os quadros recuperados são utilizados na reconstrução do sinal através da aplicação da técnica de *overlap and add*.

Na Seção 1 deste trabalho é apresentada uma breve introdução ao problema de quantização vetorial. Na Seção 2 são apresentados alguns conceitos relacionados à representação e ao processamento de sinais de fala. Na Seção 3 mostra-se como a técnica de quantização vetorial pode ser aplicada à compressão de sinais de fala. A Seção 4 apresenta uma discussão sobre redes neurais auto-organizáveis e sua utilização na clusterização de dados. Por fim, na Seção 5 são apresentados resultados da aplicação de uma rede auto-organizável na quantização vetorial de uma base de dados composta por quadros parametrizados extraídos de sinais de fala. Dentre as alternativas estudadas, é feita uma discussão indicando

quais se apresentaram como o melhor conjunto de parâmetros a ser usado para representar os quadros, a melhor topologia de rede e as melhores estratégias de inicialização e treinamento da rede neural.

1. Quantização Vetorial e Compressão de Dados

Quantização vetorial é uma técnica clássica de compressão de dados bastante utilizada em aplicações como compressão de imagens, compressão de voz e reconhecimento de fala, dentre outras (GERSHO & GRAY, 1992; GRAY & NEUHOFF, 1998). Trata-se de uma técnica de compressão que normalmente acarreta perdas, uma vez que um codebook de tamanho limitado pode não permitir a recuperação na íntegra da informação original (HAYKIN, 1999).

Em quantização vetorial, tem-se um conjunto de dados de entrada $\{v_1, v_2, \ldots, v_N\}$ constituído por N vetores de dimensão k. A tarefa de um compressor baseado em quantização vetorial é fazer o mapeamento desse conjunto de entrada em um outro conjunto $\{c_1, c_2, \ldots, c_M\}$, de tamanho finito $M \square N$, também composto por vetores de dimensão k. Esse novo conjunto é denominado codebook e os vetores c_i que o compõem são denominados codevectors.

No processo de compressão, cada um dos vetores do conjunto de entrada será mapeado em um codevector. Daí advém o nome da técnica, pois o novo vetor será uma versão quantizada (ou seja, aproximada) do vetor original. Esta idéia é ilustrada na Figura 1.

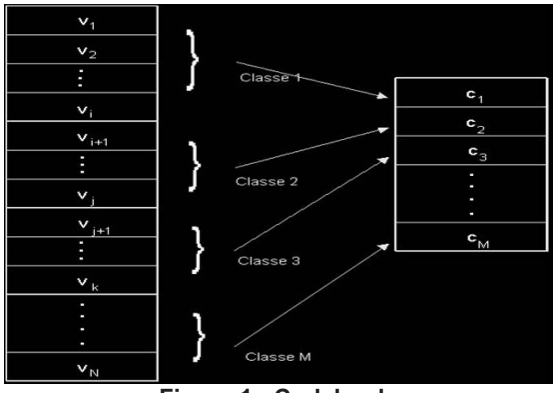


Figura 1 - Codebook.

Esta aproximação introduz um erro na representação dos dados de entrada, denominado erro de quantização vetorial (GRAY & NEUHOFF, 1998). Supondo que haja uma métrica $d(\cdot,\cdot)$ que represente a distância entre dois vetores (por exemplo, a distância euclidiana), uma medida do erro de quantização de um vetor v_i do conjunto original é a distância entre esse vetor v_i e a sua versão quantizada $q(v_i)$:

$$Q_i = d(v_i, q(v_i)) \qquad \textbf{(1)}$$

No projeto do codebook, deseja-se minimizar a perda de informação do conjunto de dados codificados. Em outras palavras, para cada vetor de entrada v_i, deseja-se minimizar o erro de quantização dado por (1). Minimizar o erro de quantização para todos os vetores do conjunto de entrada equivale a minimizar o erro de quantização vetorial médio do conjunto, o qual pode ser definido por

$$Q_N = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} Q_i \qquad \textbf{(2)}$$

onde N representa o número de vetores do conjunto de entrada.

Para criar um codebook que atenda esse critério, é necessário escolher um conjunto de codevectors de forma que as distâncias entre codevectors e vetores por eles representados sejam as menores possíveis (GRAY & NEUHOFF, 1998).

No processo de geração do codebook, utiliza-se um conjunto de dados de treinamento representativo dos dados a serem posteriormente codificados. Os dados de treinamento são agrupados em classes ou clusters, de acordo com algum critério de proximidade (normalmente, a mesma métrica de distância usada no cálculo do erro de quantização). Um cluster é, portanto, um subconjunto de vetores suficientemente próximos entre si. O número de clusters a ser gerado depende da distribuição dos dados de treinamento. Normalmente, deseja-se minimizar a distância intragrupo e maximizar a distância intergrupo. É possível, mas não obrigatório, fixar a priori o número de clusters, com o objetivo de gerar um codebook de tamanho previamente conhecido. Tal estratégia, no entanto, não garante a obtenção do menor erro de quantização médio. Em princípio, quanto maior o número de clusters, menor o erro de quantização médio.

Uma vez gerado o codebook, este é utilizado para compressão dos dados da seguinte forma: para cada vetor do conjunto de entrada, varre-se o codebook em busca do codevector mais próximo, associando-se ao vetor de entrada o índice relativo a este codevector. Desta forma, o conjunto de vetores de entrada é transformado em um conjunto de índices do codebook. Em uma aplicação em que haja transmissão de dados, apenas os índices são transmitidos pelo canal e não os codevectors. Supõe-se portanto que o codebook seja conhecido também no receptor.

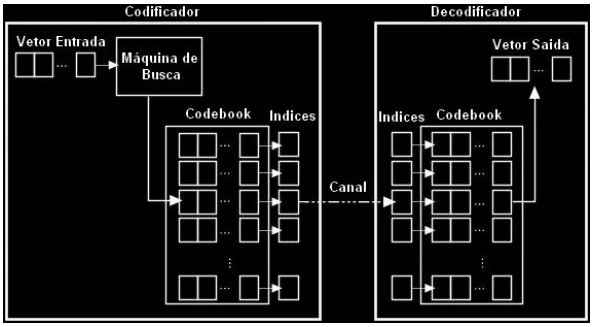


Figura 2 - Codificação e decodificação por meio de codebook.

Na etapa de decodificação, os índices são recebidos e usados na recuperação da seqüência de codevectors. O processo completo é ilustrado na Figura 2.

2. Análise de Sinais de Fala

Um sinal de fala é produzido a partir da passagem do ar pelo aparelho fonador humano. Ao ser representado digitalmente, o sinal de fala pode ser visto como um conjunto de amostras espaçadas no eixo do tempo.

As características do sinal de fala em um dado instante dependem da configuração momentânea do trato vocal do falante, ou seja, da abertura dos lábios e da mandíbula, da posição da língua, da taxa de vibração das pregas vocais, etc. Ao proferir uma sentença, o falante modifica continuamente a configuração de seu trato vocal, de forma a produzir uma seqüência de sons que transmite uma mensagem ao ouvinte. Essa seqüência de sons é composta por unidades básicas denominadas fones. Pode-se definir um fone como um trecho do sinal de fala cujas características acústicas seguem um determinado padrão.

Nos trechos de sinal de fala vozeados (Figura 3), ocorre a vibração das pregas vocais. Percebe-se nesse caso que o sinal de fala apresenta uma característica quase periódica, com a ocorrência de picos que se repetem com espaçamento aproximadamente constante. O espaçamento entre esses picos está diretamente relacionado à taxa de vibração das pregas vocais: picos mais próximos

entre si indicam uma maior taxa de vibração e, por conseqüência, uma voz mais aguda; picos mais espaçados, por sua vez, indicam uma taxa de vibração menor das pregas vocais e uma voz mais grave.

Já nos trechos não-vozeados do sinal (Figura 4), não ocorre vibração das pregas vocais. Nesse caso, o sinal possui energia mais baixa do que a dos trechos vozeados e apresenta característica totalmente aperiódica, assemelhando-se a um sinal de ruído.

Há, por fim, trechos do sinal de fala com características híbridas entre as dos sinais vozeados e as dos não-vozeados.

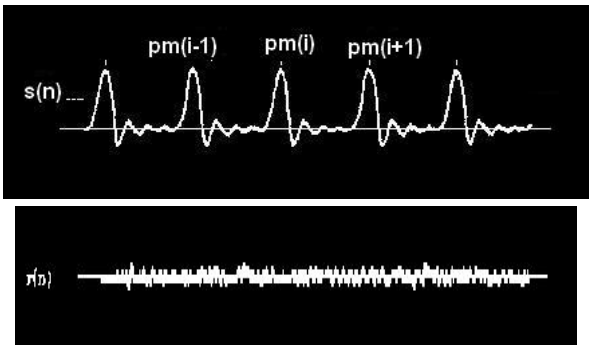


Figura 4 - Sinal não-vozeado.

Muito embora as características do sinal de fala variem continuamente ao longo do tempo, é possível analisar as suas características acústicas de forma discreta. Uma maneira de fazer isso é subdividir o sinal de fala em trechos de curta duração, chamados quadros, nos quais as características acústicas podem ser consideradas praticamente constantes.

A divisão do sinal de fala em quadros adotada neste trabalho diferencia trechos de sinal vozeados dos não-vozeados, através do uso de marcas de pitch, conforme definido a seguir. Nos trechos do sinal com característica vozeada, as marcas de pitch são posicionadas nos picos do sinal de fala (Figura 3). A distância entre marcas de pitch consecutivas, denominada período de pitch, está relacionada com com a taxa de vibração das pregas vocais naquele trecho do sinal. Nos sinais

não-vozeados, as marcas de pitch são posicionadas em instantes igualmente espaçados no tempo e não têm relação com a vibração das pregas vocais.

Uma vez posicionadas as marcas de pitch no sinal de fala, faz-se a subdivisão desse sinal em quadros. Neste trabalho, um quadro é definido como sendo um trecho de sinal em torno de uma marca de pitch, iniciando na marca de pitch imediatamente anterior e indo até a marca de pitch imediatamente seguinte. Percebe-se, portanto, que há sobreposição entre quadros adjacentes: as amostras do período direito de um quadro são as mesmas do período esquerdo do quadro seguinte.

Para extrair um quadro do sinal de fala, multiplica-se o trecho de fala de interesse por uma janela assimétrica cujo pico coincide com a marca de pitch central do quadro e com o mesmo número de amostras do quadro. Trata-se de uma janela formada pela junção de duas meias janelas de Hanning (MAKHOUL & WOLF, 1972; BOLL, 1979). A primeira metade corresponde à metade esquerda de uma janela de Hanning de tamanho $2N_1$, e a segunda metade corresponde à metade direita de uma janela de Hanning de tamanho $2N_2$. As amostras da janela, com primeira amostra na origem são dadas pela seguinte expressão:

$$w(n)=\begin{cases}0{,}5\left[1-\cos\left(\dfrac{\pi n}{N_1-1}\right)\right]; & 0\le n\le N_1\\ 0{,}5\left[1-\cos\left(\dfrac{\pi\left(n+N_1-N_2+1\right)}{N_2}\right)\right]; & N_1\le n\le N_2\end{cases} \quad \textbf{(3)}$$

Ao multiplicar-se o sinal de fala por uma janela posicionada na marca de pitch central do quadro sob análise, obtém-se o quadro janelado, cujas amostras correspondem às amostras originais do quadro com atenuação crescente em direção às bordas.

No processo de janelamento de quadros adjacentes, as janelas são posicionadas de forma que a primeira amostra de uma janela coincida com a amostra da marca central da janela anterior e a última amostra dessa mesma janela coincida com a amostra da marca central da janela seguinte. Ao somar as amostras

de janelas consecutivas posicionadas dessa maneira, em um processo chamado *overlap and add*, obtém-se uma seqüência de amostras de valor constante igual a 1.

Essa propriedade permite reconstruir o sinal original sem distorção a partir de seus quadros janelados. Para isso, basta posicionar os quadros janelados conforme descrito anteriormente e em seguida fazer o overlap and add dos mesmos. A Figura 5 ilustra esse processo.

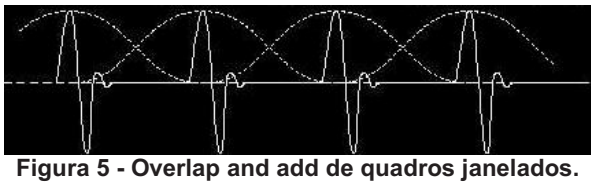


Figura 5 - Overlap and add de quadros janelados.

3. Quantização Vetorial Aplicada à Compressão de Sinais de Fala

Quadros de um sinal de fala correspondentes a sons similares podem apresentar forte semelhança entre si. É possível explorar essa semelhança a fim de armazenar sinais de fala de forma mais compacta. A idéia por trás dessa estratégia é descartar informações repetitivas presentes em quadros similares, armazenando somente as diferenças relevantes. Uma maneira de implementar essa estratégia é através de quantização vetorial (BUZO et al., 1981; KRISHNAMURTHY et al., 1990).

Para que a quantização vetorial possa ser usada na compressão de sinais de fala, é necessário que o sinal seja representado como um conjunto de vetores de dimensão fixa. Para que possamos utilizar os quadros janelados como sendo as unidades básicas que serão sujeitas ao processo de quantização vetorial, devemos realizar uma transformação na forma de representar os quadros. Isso porque o número de amostras de um quadro é variável: quanto maior o período de pitch associado ao quadro, maior o número de amostras nele presentes.

Essa transformação é denominada parametrização. Cada quadro passará a ser representado por um conjunto fixo de parâmetros associados a características acústicas do sinal de fala. Quanto mais semelhantes forem os quadros em termos acústicos, mais próximos devem ser os seus vetores de parâmetros.

Para implementar um processo de quantização vetorial de forma eficiente, é necessário definir um conjunto de parâmetros que carregue a maior quantidade possível de informação relevante para diferenciação entre quadros. É importante também que haja baixa correlação entre os parâmetros usados, a fim de evitar que estes carreguem informação redundante.

Uma vez definido o conjunto de parâmetros a ser utilizado, cada quadro do conjunto de treinamento é associado a um vetor de parâmetros. Esses vetores são agrupados em clusters e, para cada cluster, elege-se um vetor representante, que será o codevector a ser incluído no codebook. O codevector será escolhido dentre os vetores que compõem o cluster, de forma a minimizar o erro de quantização médio dos vetores do cluster.

Diferentes técnicas podem ser consideradas para gerar o codebook. A Seção 4 apresenta a estratégia implementada neste trabalho, baseada em redes neurais com treinamento não-supervisionado (mapa de Kohonen bidimensional).

Uma vez construído o codebook, é possível utilizá-lo para codificar um sinal de fala qualquer. O processo de codificação consiste dos seguintes passos:

- divisão do sinal a ser codificado em quadros;
- determinação dos períodos de pitch esquerdo e direito associados aos quadros;
- determinação da energia dos quadros;
- geração dos vetores de parâmetros dos quadros;
- mapeamento dos vetores do quadros em índices do codebook.

Para cada quadro do sinal codificado, são transmitidos ao receptor o índice do codevector, a energia e os períodos esquerdo e direito (Figura 6). No decodificador, a seqüência de índices é mapeada novamente em uma seqüência de codevectors (Figura 7).

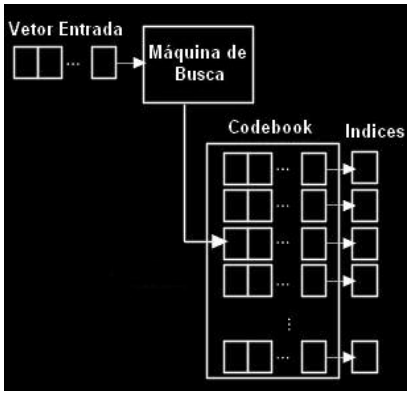


Figura 6 - Codificação de quadros de fala usando codebook.

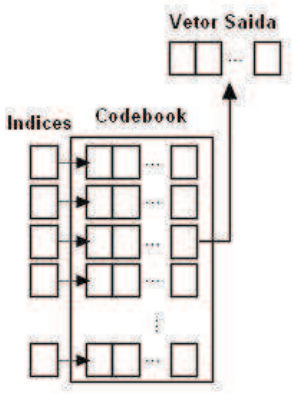


Figura 7 - Decodificação de quadros de fala usando codebook.

Não é possível reconstruir as amostras dos quadros janelados correspondentes aos codevectors apenas a partir dos parâmetros acústicos armazenados no vetor. Por isso, é necessário que haja no decodificador um dicionário de quadros, que armazene, para cada codevector, o quadro janelado que o gerou na etapa de treinamento. Dessa forma, pode-se transformar a seqüência de índices que chega ao receptor em uma seqüência de quadros janelados.

Os quadros janelados recuperados do dicionário são submetidos a um ajuste de ganho, de forma que a sua energia passe a ser igual à energia do quadro original. Com isso, evita-se a ocorrência de descontinuidades de amplitude no sinal reconstruído.

A reconstrução do sinal é feita através da operação de sobreposição dos quadros janelados (*overlap and add*) após a correção de ganho (Figura 8). O espaçamento entre as janelas deve ser tal que os períodos de pitch do sinal original sejam preservados. Dessa forma, a curva de entonação da sentença reconstruída será a mesma da sentença original, assim como a sua duração.

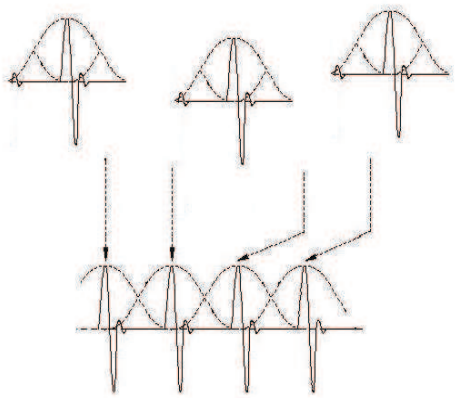


Figura 8 - Reconstrução do sinal de fala utilizando overlap and add.

Deve-se observar que, ao fazer este posicionamento das janelas, não existe mais garantia de que a primeira amostra de uma janela coincida com a amostra da marca central da janela anterior, nem de que a última amostra dessa mesma janela coincida com a amostra da marca central da janela seguinte. Isso porque o período do quadro armazenado no codebook não é necessariamente o mesmo do quadro sintetizado. Essa alteração no nível de sobreposição das janelas introduz distorção no sinal reconstruído. Tal distorção será tão menor quanto menor for a diferença entre os períodos de pitch dos quadros originais e os dos quadros recuperados do dicionário.

4. Mapas Auto Organizáveis

Os mapas auto-organizáveis (SOM – *self-organizing maps*) são um tipo de rede neural artificial inicialmente proposta por Kohonen (KOHONEN, 1982), levando seu nome. Seu treinamento é feito através de processo não-supervisionado que consiste de 4 etapas (HAYKIN, 1999):

- inicialização da rede;
- processo competitivo;
- processo cooperativo;
- processo adaptativo.

Na inicialização da rede são definidos os seus parâmetros de configuração: o tipo de distribuição dos neurônios (uni ou bidimensional); a topologia a ser utilizada,

no caso bidimensional (folha, cilíndrica ou toroidal) e os valores iniciais dos pesos sinápticos dos neurônios, que podem ser definidos aleatoriamente ou por algum outro critério.

Na etapa de aprendizagem propriamente dita, padrões de treinamento são apresentados seqüencialmente à rede. Nesta etapa, o vetor x, que representa um objeto de entrada, é apresentado a todos os neurônios da rede e é calculada a distância entre x e todos os vetores de pesos dos respectivos neurônios da rede. A unidade do mapa que apresenta a menor distância em relação ao vetor de entrada é denominada neurônio vencedor ou BMU (*Best Matching Unit*). Essa etapa é classificada como a etapa de competição (KOHONEN, 1990a; KOHONEN, 1990b), na qual se deseja encontrar o neurônio com maior ativação para cada objeto de entrada.

Em seguida, o neurônio vencedor (correspondente ao BMU) é atualizado, sendo movido em direção ao padrão apresentado na entrada. Os neurônios presentes na vizinhança do neurônio vencedor são também atualizados na direção do padrão de entrada, com taxa de deslocamento seguindo geralmente uma distribuição gaussiana ao redor do neurônio vencedor. Dessa maneira, a vizinhança topológica decresce com o passar do tempo (HAYKIN, 1999). Esta etapa é conhecida como etapa cooperativa, uma vez que o neurônio vencedor irá influenciar no ajuste da sua vizinhança.

O processo de aprendizagem se conclui com a etapa adaptativa. Nesta etapa, os vetores de pesos sinápticos w dos neurônios serão ajustados em direção ao vetor de entrada x. Os padrões de entrada são apresentados a rede até que se atinja um dado número de iterações ou que um determinado critério de parada seja satisfeito (por exemplo, quando o erro de quantização médio ficar abaixo de um dado limiar).

4.1. Matriz U

Os mapas auto-organizáveis são uma projeção de espaços de alta dimensão dos dados de entrada no espaço de dimensão reduzida da estrutura da rede de Kohonen, que normalmente é uni ou bi-dimensional. O algoritmo de aprendizagem de um SOM é projetado para preservar as relações de vizinhança do espaço de alta dimensão no espaço do mapa (KOHONEN, 1982).

Para se analisar as características emergentes do mapa de Kohonen, foi proposto o uso da matriz U (ULTSCH & SIEMON, 1990). A matriz U é construída a partir da superfície gerada pela plotagem das distâncias entre dois neurônios vizinhos e representa o comportamento emergente do mapa de Kohonen a partir dos objetos presentes no espaço de entrada.

4.2. Clusterização e o Algoritmo k-means

A matriz U representa a distância entre os pesos dos neurônios, preservando a vizinhança topológica dos padrões de entrada que geralmente estão em um espaço de alta dimensão. Muitas vezes é difícil determinar com precisão onde se localizam as fronteiras dos clusters. Em determinadas aplicações, a matriz U é suficiente para se determinar os clusters e suas fronteiras. Contudo, no problema abordado neste trabalho, além de determinar os clusters é necessário determinar o neurônio que melhor representa cada cluster, para que o mesmo esteja presente no codebook no processo de quantização vetorial.

Para solucionar este problema, é utilizado o algoritmo k-means de clusterização sobre a matriz U. O algoritmo k-means (FORGEY, 1965; MACQUEEN, 1967) permite criar clusters a partir de um conjunto de objetos, tendo como objetivo encontrar protótipos para os clusters de forma que a distância dos objetos dentro do grupo em relação a estes protótipos seja mínima. Um dos mais populares algoritmos utilizados para resolver de forma iterativa este problema é o algoritmo de Lloyd (LLOYD, 1982). Este algoritmo inicia-se com o particionamento, aleatório ou utilizando alguma heurística, dos objetos de entrada em clusters. Posteriormente, é calculado o protótipo de cada um dos clusters, dado inicialmente como o ponto médio. Uma vez calculado o protótipo, os clusters são redefinidos de forma a

minimizar a distância dos objetos ao centróide. Após a redefinição, novos centróides são calculados e os clusters são novamente redefinidos. O processo é repetido até que uma dada condição de convergência seja atingida.

Após a convergência, são definidos os clusters e seus respectivos protótipos, os quais serão utilizados como representantes dos clusters em aplicações do codebook obtido.

5. Análise de Resultados

Neste trabalho, a rede de Kohonen foi utilizada em conjunto com o algoritmo k-means para fazer o agrupamento dos quadros de fala de acordo com suas características acústicas. Para tal, diferentes quadros pertencentes a uma base de dados de fala foram apresentados à rede em lote. Pelo fato de que quadros de fala adjacentes no tempo muitas vezes apresentam alta correlação, tomou-se o cuidado de embaralhá-los a cada iteração antes da apresentação dos dados à rede. O treinamento em lote utilizou como critério de parada um número de iterações fixo e suficientemente grande, de forma a garantir que o erro de quantização atingisse um regime permanente (convergência). Como resultado final do treinamento, os neurônios da rede representam os diferentes grupos de quadros de fala apresentados à rede.

Os ensaios foram divididos em duas partes: a primeira delas consiste na análise dos parâmetros da fala, em busca do conjunto capaz de gerar os melhores resultados; a segunda consiste na análise topológica referente à inicialização e ao treinamento da rede neural empregada, buscando avaliar a influência dos diferentes arranjos na qualidade do sinal de fala sintetizado a partir do sinal quantizado. Por fim, foi feita a comparação dos resultados obtidos por meio da técnica proposta com os resultados de um algoritmo de codificação perceptual popular, de forma a obter uma referência do potencial do método aqui proposto. Nessa etapa de análise, utilizou-se a mesma base de dados de fala tanto para o treinamento do codebook como para validação do processo de compressão. A base de dados utilizada é composta por arquivos de fala representando 100 frases. As frases foram projetadas

de forma a apresentar riqueza e diversidade fonéticas. Os arquivos de fala são armazenados no formato wave (codificação PCM linear) com taxa de amostragem de 16 kHz e 16 bits por amostra. No total, as 100 frases da base de dados são constituídas por aproximadamente 52000 quadros.

5.1. Seleção de Parâmetros

O principal objetivo desta análise é determinar um conjunto de parâmetros que agrupe os quadros do sinal de fala de forma coerente. Para tal, foi definida uma metodologia capaz de avaliar de maneira objetiva e quantitativa a qualidade do sinal de fala reconstruído a partir dos quadros presentes no codebook. Essa metodologia consiste em gerar diferentes conjuntos de vetores de atributos a partir dos quadros da base de dados de fala. Os vetores são agrupados em clusters utilizando-se uma rede de Kohonen em conjunto com o algoritmo k-means para formar o codebook de fala. A partir do codebook, foram reconstruídas as mesmas 100 frases usadas no treinamento e a qualidade desses sinais foi avaliada. Portanto, o objetivo da metodologia apresentada é avaliar o conjunto de parâmetros que gerou o melhor codebook.

Para avaliação da qualidade de sinais de fala foram utilizadas técnicas de avaliação objetiva de sinais de voz (ITU-T P.861, 1998; ITU-T P.862, 2001). Tais técnicas utilizam modelos psicoacústicos que, com base em diversas características do aparelho auditivo humano, geram notas que simulam os resultados de testes subjetivos (ITU-T 85, 1994; ITU-T P.830, 1996a; ITU-T P.830, 1996b). O algoritmo de avaliação objetiva utilizado neste trabalho é o PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality), padronizado na norma de referência P.862 da ITU-T (ITU-T P.862, 2001).

Os parâmetros de fala escolhidos para teste são parâmetros comumente utilizados em aplicações envolvendo processamento de sinais de fala, amplamente referenciados na literatura (ANDERSON, 1992; CAWLEY & NOAKES, 1993; HERNANDEZ-GOMEZ & LOPEZ-GONZALO, 1993; KITAMURA & TAKEI, 1996). São eles:

- Período esquerdo: número de amostras entre o início do quadro e a marca de pitch central.
- Período direito: número de amostras entre a marca de pitch central e o final do quadro.
- Taxa de cruzamento de zeros: contagem do número de vezes, por centésimo de segundo, em que ocorreu mudança de sinal entre amostras consecutivas do quadro.
- Taxa de máximos e mínimos: contagem do número de inflexões da forma de onda ao longo do quadro, por centésimo de segundo.
- Parâmetros mel-cepstrais: transformada cosseno (DCT) do módulo do espectro em dB do sinal. O espectro é calculado através da transformada rápida de Fourier (FFT) com 1024 pontos. Antes do cálculo do módulo do espectro em dB, os coeficientes do espectro são submetidos a uma filtragem por um banco de filtros cujo resultado é a energia distribuída em 24 bandas críticas na escala mel. A escala mel é uma transformação do eixo de freqüência, linear para freqüências baixas e aproximadamente logarítmica para freqüências altas, cujo objetivo é simular a resposta em freqüência do ouvido humano. Para o cálculo dos parâmetros mel-cepstrais considerados neste trabalho, foi utilizado o algoritmo de Davis & Mermelstein (DAVIS & MERMELSTEIN, 1980).

Tabela 1 - Valores da avaliação objetiva para diferentes conjuntos de parâmetros.

Mceps 1-6	Mceps 1-10	Mceps 1-12	P. Esq.	P. Dir.	Cr. Zero	Max/Min	PESQMOS
		X	X				**2358,56**
		X	X	X			**2356,41**
		X	X		X		**2351,67**
		X	X		X	X	**2334,32**
		X	X			X	**2331,55**
		X					**2311,15**
	X						**2306,27**
X							**2165,50**

A Tabela 1 apresenta o resultado da aplicação do algoritmo PESQ (medida PESQMOS, variando entre 0 no pior caso e 4500 no melhor) para os diferentes conjuntos de parâmetros testados. O melhor arranjo topológico obtido na análise topológica e de inicialização (descrito na subseção seguinte) foi utilizado nas

simulações. Não foi feita a normalização dos parâmetros mel-cepstrais, pois seus valores já são aproximadamente proporcionais à variância dos parâmetros. Por outro lado, os parâmetros de período foram normalizados em função da variância do primeiro parâmetro mel-cepstral. Vê-se que o melhor conjunto obtido é composto por 13 parâmetros (os 12 primeiros parâmetros mel-cepstrais mais o período esquerdo do quadro).

5.2. Análise topológica e de inicialização

Em busca da maximização da qualidade do sinal de fala gerado a partir do codebook, foram analisadas diversas configurações topológicas e de inicialização da rede de Kohonen. A rede foi implementada com o auxílio do toolkit SOM (Self-Organizing Map), mantido pelo grupo de Teuvo Kohonen na Helsinki University of Technology (SOM TOOLBOX). Os valores quantitativos referentes à avaliação objetiva que serão apresentados correspondem à média de 10 medidas objetivas para 10 treinamentos distintos da rede utilizando as 100 frases da base de testes.

5.2.1. Número de neurônios

Os testes preliminares utilizando o método de quantização vetorial mostraram existir um compromisso entre o número de neurônios da rede e o número de clusters de saída gerado pelo algoritmo k-means, razão pela qual faz-se essencial avaliar a influência do número de neurônios para um número fixo de clusters. Para isso, treinou-se a rede com uma única frase da base, contendo 440 quadros, sendo fixado o número de clusters na saída do k-means em 440. O principal objetivo dessa análise é observar a capacidade da rede de gerar um codebook contendo representantes distintos para cada vetor de entrada, ou seja, gerar um codebook formado por todos os vetores originais. No primeiro ensaio foi utilizada uma rede de 21x21 neurônios (número de neurônios igual ao número de clusters) e no segundo ensaio utilizou-se uma rede de 50x50 neurônios (número de neurônios bem maior do que o número de clusters). O resultado da avaliação objetiva foi de 1816 para o primeiro ensaio e 3564 para o segundo. Através de inspeção auditiva, percebe-se

claramente que o sinal de fala gerado com o primeiro codebook apresenta sérias degradações, enquanto o sinal gerado com o segundo quase não apresenta degradações perceptíveis. Na seqüência dos testes, analisamos a influência do número de neurônios no treinamento com toda a base de dados (contendo cerca de 52000 quadros). A Tabela 2 mostra os resultados da avaliação objetiva obtidos para mapas com diferentes números de neurônios. É possível notar que, à medida em que se aumenta o número de neurônios, ocorre um aumento do valor do resultado da avaliação objetiva.

Tabela 2 - Desempenho em função do número de neurônios na rede

Número de neurônios	PESQMOS
25x25 - 625	2330,74
40x40 - 1600	2349,17
60x60 - 3600	2358,56

5.2.2. Ajuste dos neurônios

Uma característica da rede determinante para a qualidade do resultado final é a região de vizinhança em torno do neurônio vencedor dentro da qual há ajuste de pesos durante o treinamento. O objetivo dos ensaios descritos a seguir é avaliar a influência do tamanho dessa região. Três diferentes estratégias de vizinhança foram testadas. A primeira utilizou uma vizinhança denominada grande, capaz de ajustar todos os neurônios da rede. A segunda utilizou uma vizinhança pequena, com um raio abrangendo alguns poucos vizinhos. A terceira utilizou uma vizinhança decrescente, iniciando o treinamento com uma vizinhança capaz de ajustar todos os neurônios da rede e decrescendo linearmente o seu tamanho ao longo do processo, de modo a finalizá-lo com uma região abrangendo apenas os neurônios mais próximos. O resultado da avaliação objetiva foi 2241,70 para a vizinhança grande, 2429,20 para pequena e 2472,20 para decrescente. Nota-se que o erro apresentado

pela vizinhança grande é maior se comparado com os demais. A vizinhança decrescente apresentou menor erro PESQMOS.

5.2.3. Tamanho do codebook

Por fim, passamos à análise do tamanho do codebook de fala. O objetivo aqui é avaliar a influência do número de codevectors de saída obtidos pelo algoritmo k-means. Teoricamente, quanto maior o tamanho do codebook, maior a quantidade de vetores para representação da base inicial codificada e, portanto, maior a qualidade perceptual dos sinais reconstruídos. A comprovação exaustiva desse fato através de medidas experimentais extrapola o escopo deste trabalho.

Tabela 3 - Desempenho do tamanho do codebook

Número de codevectors	PESQMOS
20	2058,96
100	2226,89
500	2341,86
1000	2415,90
3000	2382,33

A Tabela 3 apresenta o resultado PESQMOS para distintos tamanhos de codebook. Os resultados foram obtidos utilizando a base de treinamento com 100 frases (cerca de 52000 quadros) e uma rede de 60x60 neurônios. Nota-se pela tabela que os valores PESQMOS aumentam até o codebook com 1000 codevectors, como era esperado. No entanto, para um codebook com 3000 codevectors, o valor PESQMOS é menor do que para o codebook com 1000 codevectors. Isso deve-se provavelmente ao fato de que, nesse caso, o número de neurônios na rede é

insuficiente para representar 3000 clusters. Como mostrado anteriormente, existe um compromisso entre o número de neurônios e o número de clusters.

5.3. Comparação com o MPEG1-Layer 3

Com o intuito de avaliar o potencial da técnica de quantização vetorial aqui proposta, comparamos os valores de avaliação objetiva para a melhor configuração encontrada na seção anterior com os valores obtidos utilizando-se o codec MPEG1-Layer 3 (MP3). Foi utilizado um codebook contendo 500 codevectors treinado a partir de 100 frases, utilizando um mapa de 60x60 neurônios, propiciando uma taxa de compressão de cerca de 100 vezes. Na compressão via MP3, utilizou-se uma taxa de bits constante (CBR) de 8 kbps, propiciando uma taxa de compressão de cerca de 30 vezes. A Tabela 4 apresenta o resultado da comparação objetiva.

Vemos que a abordagem utilizando o método de quantização vetorial apresentou uma taxa de compressão mais de três vezes superior ao do MP3 e o resultado da avaliação objetiva indicou um menor nível de degradação. Ao se fazer a inspeção auditiva dos sinais decodificados, percebe-se que as degradações impostas pelas duas técnicas são diferentes. A técnica de quantização aqui proposta introduz efeitos de descontinuidade do sinal, ao passo que a codificação MP3 tipicamente torna o sinal "abafado", indicando perda de componentes de alta freqüência.

Tabela 4 - Comparação do método de quantização vetorial com MPEG1-Layer 3

Tipo de compressão	PESQMOS
Sem compressão	4500
Quantização vetorial (compr. 100 vezes)	2343
MPEG1 - Layer 3 (compr. 30 vezes)	1904

Considerações Finais

Neste trabalho, foi proposto um método de compressão de sinais de fala baseado em quantização vetorial. O método utiliza como unidades básicas do sinal de fala os quadros obtidos através da segmentação do sinal nas suas marcas de pitch. Estes quadros são parametrizados e agrupados em diferentes clusters, de acordo com as suas características acústicas.

Para o agrupamento (clusterização) dos quadros de fala, foi utilizada uma rede neural de Kohonen em conjunto com o algoritmo k-means. O uso deste último deve-se à necessidade de que o número de neurônios na rede seja superior ao número de clusters presentes no codebook de fala.

Os resultados experimentais mostraram que o método foi bem-sucedido, agrupando os quadros do sinal de fala de forma coerente. A extração dos parâmetros dos quadros é uma etapa de fundamental importância para o correto agrupamento produzido pela rede de Kohonen. Os parâmetros mel-cepstrais mostraram preservar, mais do que qualquer outro parâmetro analisado, as características acústicas da fala relevantes para o processo de clusterização. A qualidade do sinal de fala reconstruído a partir do codebook é proporcional à relação entre a quantidade de codevectors existentes no codebook e o número de quadros existentes na base de fala original.

O método de quantização vetorial aqui proposto apresentou resultados bastante promissores para aplicações de compressão de fala. Comparações com o codec MPEG1-Layer 3 (MP3) utilizando o algoritmo PESQ para avaliação objetiva da qualidade dos sinais de fala resultaram em notas maiores para o algoritmo de quantização vetorial proposto.

Nas próximas etapas deste trabalho, prevê-se a análise de outros parâmetros extraídos de sinais de fala, tais como coeficientes de predição linear (LPC), coeficientes LP-Cepstrais, coeficientes espectrais, coeficientes mel/Bark espectrais etc. Prevê-se ainda o estudo de mapas auto-construtivos, de forma a melhorar o agrupamento dos neurônios na rede de Kohonen e eliminar o uso do algoritmo k-

means. Além disso, será estudada uma forma de inicialização dos pesos da rede utilizando quadros de fala reais amostrados da base de treinamento.

Referências bibliográficas

ANDERSON, T. R. **Phoneme recognition using an auditory model and a recurrent self-organizing neural network**. ICASSP92: IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 2:337–40, 1992.

BOLL, S. **Suppression of acoustic noise in speech using spectral subtraction**. IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 27(2):113–120, 1979.

BUZO, A.; GRAY, A. H.; GRAY, R. M.; MARKEL, J. D. **Speech coding based upon vector quantization**. IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 28(5):562–574, 1981.

CAWLEY, G. C.; NOAKES, P. D. **The use of vector quantization in neural speech synthesis**, volume III, Piscataway, NJ, USA. IEEE Service Center, IJCNN93, International Joint Conference on Neural Networks. 1993.

DAVIS, S.; MERMELSTEIN, P. **Comparison of parametric representations for monosyllabic word recognition in continuously spoken sentences**. IEEE Trans. on ASSP, 28(4):357–366, August 1980.

FORGEY, E. **Cluster analysis of multivariate data: efficiency vs. interpretability of classification**. Biometrics, (21):768, 1965.

GERSHO, A.; GRAY, R. **Vector quantization and signal compression**. Kluwer Academic Publishers, 2nd edition, 1992.

GRAY, R. M.; NEUHOFF, D. **Quantization**. IEEE Trans. on Inf. Theory, 44(6), 1998.

HAYKIN, S. **Neural networks, a comprehensive foundation**. Prentice Hall**,** 2nd edition, 1999.

HERNANDEZ-GOMEZ, L. A.; LOPEZ-GONZALO, E. **Phonetically-driven CELP coding using self-organizing maps**, volume II, Piscataway, NJ. IEEE Service Center. ICASSP93, International Conference on Acoustics, Speech Propagation and Signal Processing. 1993.

ITU-T. 85 – **A method for subjective performance assessment of the quality of speech voice output devices**, June 1994.

ITU-T. P.830 – **Subjective performance assessment of telephone-band and wideband digital codecs**, February 1996a.

ITU-T. P.830 – **Subjective performance assessment of telephone-band and wideband digital codecs**, February 1996b.

ITU-T. P.861 – **Objective quality measurement of telephone-band (300-3400 Hz) speech codecs**, February 1998.

ITU-T. P.862 – **Perceptual evaluation of speech quality (PESQ), an objective method for end-to-end speech quality assessment of narrow band telephone networks and speech codecs**, February 2001.

KITAMURA, T.; TAKEI, S. **Speaker recognition model using two-dimensional mel-cepstrum and predictive neural network**, volume 3, New York, NY, USA. Proceedings ICSLP 96. Fourth International Conference on Spoken Language Processing. 1996.

KOHONEN, T. **Self-organized formation of topologically correct feature maps**. Biological Cybernetics, (43):59–69, 1982.

KOHONEN, T. **Improved versions of learning vector quantization**. IJCNN International Joint Conference on Neural Networks, (1):545–550, 1990a.

KOHONEN, T. **The self-organizing map**. Proceedings of the IEEE, (78):1464–1480, 1990b.

KRISHNAMURTHY, A.; AHALT, S.; MELTON, D.; CHEN, P. **Neural networks for vector quantization of speech and images**. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 8(8):1449–1457, 1990.

LLOYD, S. P. **Least squares quantization in PCM**. IEEE Trans. Information Theory, (28):129–137, 1982.

MACQUEEN, J. **Some methods for classification and analysis of multivariate observations**. Proc. Fifth Berkeley Symp. Math. Statistics and Probability, (1):281–296, 1967.

MAKHOUL, J.; WOLF, J. **Linear prediction and the spectral analysis of speech**. Bolt, Beranek, and Newman Inc., pages 172–185, 1972.

RUNSTEIN, F. **Sistema de reconhecimento de fala baseado em redes neurais artificiais**. Tese de Doutorado, FEEC/Unicamp, 1998

SOM TOOLBOX. Disponível em: http://www.cis.hut.fi/projects/somtoolbox/.

ULTSCH, A.; SIEMON, H. P. **Kohonen's self-organizing feature maps for exploratory data analysis**. In Proc. INNC'90, Int. Neural Network Conf., 305-308 edition, 1990.

DIMENSIONAMENTO DE EIXOS SUBMETIDOS À FLEXO-TORÇÃO PELO MODELO DE SONDERBERG PARA FÓRMULA BAJA

Design of shafts under torsional-bending by Sonderberg model applied on formula baja

Jairo Aparecido MARTINS
Faculdade de Jaguariúna

Willian Portilho de PAIVA
Faculdade de Jaguariuna

RESUMO: O dimensionamento de eixos solicitados à flexo-torção é de grande importância tanto nas áreas de bens de capital como para as indústrias automobilísticas. A análise e dimensionamento de componentes deve levar em consideração aspectos relativos as solicitações externas, tais como a intensidade e tipo de solicitação, a seleção e dimensionamento da matéria prima mais apropriada ao componente, as condições de fabricação do componente, seus tratamentos térmicos e/ou superfíciais e as condições geométricas necessárias ao elemento. O conhecimento desses fatores e sua contemplação no modelo numérico é de extrema importância para a escolha do modelo de cálculo mais apropriado para determinadas aplicações e resultam numa maior probabilidade de sucesso. A utilização de modelos mais completos que levam em consideração esses tipos e intensidade das solicitações, propriedades mecânicas do material e principalmente o limite de resistência a fadiga do conjunto material/peça são de extrema importância no dimensionamento de componentes mecânicos. Esta necessidade se reforça pois cerca de 80% das falhas ocorridas em elementos mecânicos em campo são decorrentes do fenômeno da fadiga. Desta forma este trabalho tem como objetivo o detalhamento de uma forma didática relativa ao dimensionamento de um eixo solicitado à flexo-torção e aplicado à Fórmula Baja. O modelo detalhado neste trabalho é da máxima força cisalhante de Sonderberg [3] por se julgar como sendo bem completo para o dimensionamento desse tipo de componente.
Palavras-chaves: Eixos, Dimensionamento, Flexo-torção, Sonderberg, Fórmula Baja

ABSTRACT: The design of shafts under torsional-bending is of such importance for machines industries as well as automobile plants. The analysis and design of parts should take into account external loadings, like type and loading intensities, the selection and design of appropriate raw material, the manufacturing aspects, heat treatment (matter or surface), and finally the geometric part requirements. The knowledge of these characteristics and their application is relevant when choosing the most reliable model to suceed. The usage of wider cover models, which gather those types and loadings intensities, material strengths and mainly its fatigue limit should be a key to the model selection. This argument is reinforced once than 80% of the failures taken on mechanical parts come from the fatigue phenomena. Thus, this paper aims to detail in a didactic manner the design procedure of shafts under torsional-bending loadings applied on Formula Baja. The model chosen is of

maximum shearing stress by Sonderberg, the model is considered appropriate to this kind of mechanical part.
Key-words: Shafts, Design, Torsional-Bending, Sonderberg, Formula Baja

INTRODUÇÃO

O dimensionamento de eixos submetidos à solicitações complexas, como é o caso em estudo, vem requerendo cada vez mais a utilização de modelos reconhecidos e validados ao longo do tempo. A utilização do método dos elementos finitos (MEF) traz ao profissional uma grande facilidade com relação ao detalhamento das tensões e deformações além de facilitar a determinação de suas direções. Por outro lado cálculos analíticos também são de grande valia à tal objetivo e principalmente se sustentados pelos mesmos modelos conceituais de reconhecimento técnico/científico, tais como modelo/critério de Von Mises [1], Circulo de Mohr [1], Goodman modificado [3] e método da máxima força cisalhante de Sonderberg [3]. Este trabalho tem como objetivo o dimensionamento de um eixo solicitado à flexo-torção pelo método de Sonderberg para a fórmula Baja, já que trata de uma forma ampla as várias condições de aplicação e estado em relação à dados no dimensionamento do elemento.

Os materiais aplicados em engenharia têm um grande papel no dimensionamento de eixos, principalmente em relação as suas propriedades mecânicas e resistência a fadiga. Desde 1830 é reconhecido que um material/componente submetido a tensões repetitivas ou flutuantes falhará à níveis de tensões muito inferiores aquelas necessárias à sua falha por uma simples aplicação de carga [1]. Via de regra, quanto maior os valores das propriedades mecânicas do material, tal como resistência à tração, maior sua resistência à fadiga. Deve-se ressaltar que o fenômeno da fadiga no último século é reconhecido como sendo responsável pela quebra de cerca de 80% dos componentes mecânicos sob algum tipo de solicitação cíclica, desta forma sua consideração em projeto é de extrema importância [2].

DESCRIÇÃO

A teoria da máxima tensão cisalhante de Sonderberg [3] para eixos submetidos a flexo-torção leva em consideração os esforços para os quais o componente será submetido, as propriedades do material, tanto mecânicas como de fadiga e fatores de segurança que previnem problemas devido a incertezas do ambiente para o qual o componente é submetido. Podemos determinar o diâmetro mínimo de um eixo conforme Shigley [3] como segue;

[1]

$$d = \left\{ \frac{32.n}{\pi} . \left[\left(\frac{Mt}{\sigma e} \right)^2 + \left(\frac{Mf}{Sn} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

[2]

$$Sn = k_a . k_b . k_c . k_d . k_e . k_f . k_g . Sf^*$$

sendo;
S_n = o limite de resistência à fadiga corrigido;
n= fator de segurança, normalmente 1,5 para condições de alta sobrecarga e serviços pesados [1] [4];
K_a = fator de correção relativo ao acabamento superficial do componente, utiliza-se 0,8 para superfícies usinadas, para gráficos mais completos ver [1]
k_b = fator de correção do tamanho da peça, de acordo com Dieter [1], ver Tabela 1.
Tabela 1- Tabela do fator de redução kb devido ao tamanho [1]

Diametro (mm)	k_b
D ≤ 10	1,0
10 ≤ D ≤ 50	0,9
50 ≤ D ≤ 228	$1 - \frac{D - 0{,}03}{15}$

k_c= fator de confiabilidade = 0,897 (confiabilidade de 90%) [1]
k_d = fator de correção pela temperatura =1,0 para temperaturas entre -56°C a 204°C [4]
k_e = fator relativo a serviços pesados = 1,0 para tensões cíclicas que não excedem o limite de resistência à fadiga teórico [4]
k_f = correção da tensão devido à concentradores de tensões (Tabela 2) considerado perfil com chaveta normal, ou seja 0,63;
k_g = correção da tensão devido à incertezas, adotado 1,0 [4];
S_f^* = limite de resistência à fadiga (50% limite de resistência à tração). Material com resistência à tração de 360MPa e limite de escoamento de 210MPa.
Tabela 2- Fatores de correção da tensão devido a concentradores de tensões Kf [4]

Aço - Condição	**Sem chaveta**	**Perfil chaveta normal**	**Rasgo de chaveta com saída suave arredondada**
Recozidos -Dureza ≤ 200 Brinell	1,0	0,63	0,77
Temperados e trefilados - Dureza > 200 Brinell	1,0	0,50	0,63

RESULTADOS - Cálculos

Os dados de entrada para o dimensionamento do eixo são; o peso o carro mais o piloto, sendo por volta de 2.600N, a distância entre rodas, cerca de 1,25 m e a distância entre o apoios pela suspensão e o ponto de aplicação da carga da roda que é 0,25 m. Além disso, o torque máximo do motor gira em torno de 19,6N.m

devido a relação de transmissão ser 5:1 e o torque passa a 98N.m no eixo movido. Graficamente o eixo estaria submetido às condições mostradas na Figura 1 que segue;

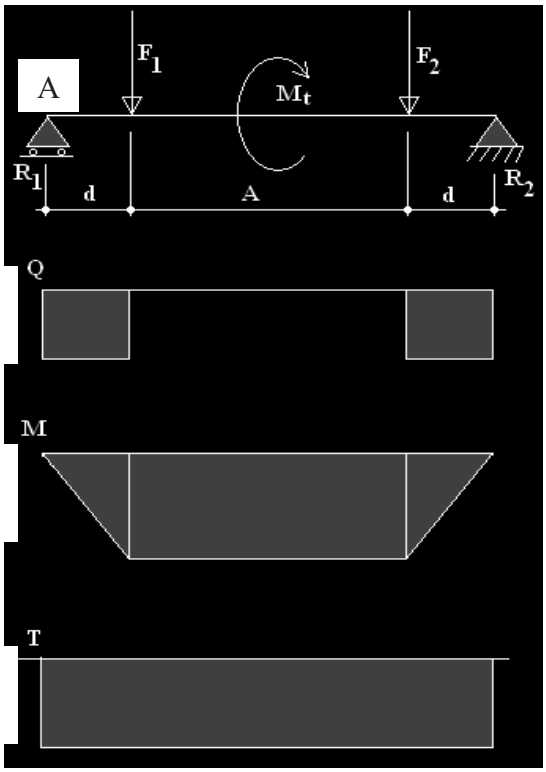


Diagrama de Cargas

Diagrama Força Cortante

Diagrama Momento Fletor

Diagrama Momento Torçor

Figura 1- Esquema gráfico da aplicação e solicitação do eixo do Baja

Dimensões;

A = 0,75 m; d = 0,25 m

Terminologia – R1 e R2 => reação no apoio 1, d => distância entre a reação (ponto de apoio da roda no chão) e a suspensão, F1 = F2 => cargas aplicadas no eixo devido ao peso do carro e do piloto, Mt1 e Mt2 => momento torçor aplicado no eixo motriz 1 e movido 2 e que leva em consideração a relação de transmissão i,

Mt2 = Mt1 x i, desta forma Mt2 = 19,6N.m x 5 = 98N.m portanto Mt2 = 98N.m

Equilibrando as forças verticais, pois não há nenhuma solicitação horizontal, temos;

$\sum FV = 0 \Rightarrow R1 - F1 - F2 + R2 = 0$

$R1 + R2 = F1 + F2 \qquad (1)$

sendo F1 = F2 = 1.300N / 2 = 650N

$R1 + R2 = 1.300N$ ou $R1 = 1.300N - R2 \qquad (2)$

Fazendo a somatória dos momentos em relação ao ponto A (Figura 1) temos;

∑MA = F1.d + F2*(A + d) – R2 x (2.d + A) => 650N.0,25m + 650 . (0,75m+ 0,25m) - R2.(2.0,25m + 0,75m) = 0

1,25.R2 = 162,5N + 650N

R2 = 812,5N / 1,25 = 650N, portanto R2 = 650N

Substituindo em (2) temos;

R1 = 1.300N – R2 sendo R1 = 1.300N – 650N = 650N portanto R1 = 650N

O momento fletor máximo pode ser determinado por ;

Mfmáx = R1 . d portanto Mfmáx = 650N. 0,25m

Mfmáx = 162,5N.m

Para fadiga considerando material SAE-1020 normalizado temos utilizando-se a equação [2] ;

$Sf = 0{,}5.\sigma t$ sendo;

$Sf = 0{,}5\ .360MPa = 180MPa$

$Sn = 0{,}8\ .0{,}9\ .0{,}897.1{,}0\ .1{,}0\ .0{,}63\ .1{,}0\ .180MPa$

portanto Sn = 73,14 MPa (N/mm2)

substituindo os valores encontrados em [1] temos;

$$d = \left\{\frac{32.1{,}5}{\pi}.\left[\left(\frac{98N.m}{210.10^6N/m^2}\right)^2 + \left(\frac{162{,}5N.m}{73{,}14.10^6N/m^2}\right)^2\right]^{1/2}\right\}^{1/3}$$

Consequentemente determinamos um diâmetro de eixo mínimo de ;

d = 3,26. 10-2 m ou d = 32,60mm

CONCLUSÃO

O dimensionamento do eixo sujeito a flexo-torção aplicado a Formula Baja através do modelo da máxima força cisalhante de Sonderberg [3] leva à um diâmetro mínimo do eixo da ordem de 32,6mm, ou seja d ≥ 32,6mm. O modelo leva em consideração aspectos de resistência mecânica do material (resistência a tração e limite de escoamento), tipo de solicitação (torção e flexão), fatores de segurança e o limite de resistência à fadiga do material corrigido, em base ao material à ser utilizado.Para aplicações dinâmicas trata-se de um modelo de ampla utilização e confiabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Dieter, G. Mechanical Metallurgy, 1997

[2] Hertzberg, Mecânica da Fratura, 1996

[3] Shigley; J.E. Elementos de máquinas, vol.1, 2008

[4] AINSI/CEMA B105.1-1992, Specification for welded steel conveyor pulleys with compression types hubs. Conveyor Equipment Manufacturers Association, 1992.