

Estimulação Global e a Informática nos processos terapêuticos do surdo

W.S. Pinho, D. Plombon*; M.N. Souza, P.M. Tujal e M.T. Halasz**

I. Introdução

Os avanços científicos têm se mostrado pouco efetivos em desenvolver tecnologia aplicada ao auxílio a deficientes (físicos e/ou sensoriais) e em torná-la acessível a esta população alvo. No caso dos surdos seria desejável o desenvolvimento de sistemas de realimentação visual que auxiliassem o aprendizado da oralização. Geralmente, esta realimentação visual, quando usada, é propiciada com o auxílio de espectogramas ou outras representações tempo-freqüência, sendo que alguns sistemas comerciais apresentam outros tipos de realimentação visual que se adequam melhor aos princípios didáticos. Exemplos de sistemas comerciais para ensino de fala ao deficiente auditivo utilizando recursos de informática são o *SpeechViewer*¹ e o *Dr Speech*², ambos importados e ainda de difícil aquisição no país.

Verifica-se, então, a necessidade da realização de estudos não só no sentido de se desenvolver novas tecnologias para o auxílio à terapia fonoaudiológica, como também novos métodos de terapia que possam, utilizando estes novos sistemas tecnológicos, propiciar melhores e mais rápidos resultados, em termos de modalidade oral do português ao surdo.

O trabalho aqui apresentado se insere no contexto da colaboração entre o Programa de Engenharia Biomédica (PEB) da COOPE/UFRJ e a Divisão de Fonoaudiologia (DIFON) do Instituto Nacional de Educação de Surdos (INES) e visa desenvolver um método terapêutico, denominado Estimulação Global, que venha a contribuir com o crescimento lingüístico do surdo, na modalidade oral da língua, de forma mais natural e espontânea possível, utilizando-se de ferramentas de Informática que integram o sistema de auxílio à terapia fonoaudiológica dentro da metodologia proposta.

A pesquisa está sendo realizada da seguinte forma: inicialmente é efetuado um trabalho de avaliação e de precisão diagnóstica, seguindo-se de orientação aos pais, e da protetização. Esta última visa estimular basicamente o surdo como um todo, efetivando o trabalho tanto de forma individual ou grupal, buscando um despertar e auto conhecimento corporal o mais cedo possível, como instrumento facilitador para a oralidade. Este trabalho é realizado com base no ritmo e melodia, fazendo fluir com prazer o desenvolvimento da fala através de vivências pessoais, objetivando a qualidade maior de voz. Os recursos tecnológicos desenvolvidos no projeto atuam nestas etapas como ferramentas de auxílio ao trabalho do fonoaudiólogo.

A Estimulação Global está dividida em quatro fases, partindo do estímulo rítmico corporal e chegando ao estímulo virtual (Input Visual/Auditivo), além da estruturação e construção da língua, estimulando a fluência e norteando a qualidade de voz. Pode ser aplicada a surdos de qualquer faixa etária, nível e grau de perda

*Instituto Nacional de Educação de Surdos.

**Programa de Engenharia Biomédica – COPPE/UFRJ.

¹ © IBM Corp.

² © Tiger Electronics, Inc.

auditiva, sendo que quanto mais cedo o mesmo passar pelas fases da Estimulação Global, melhores serão os resultados.

II. Fundamentos teóricos

No sentido de se facilitar a compreensão do texto nos aspectos que nortearam o desenvolvimento dos sistemas computacionais de auxílio à oralização, faremos uma revisão de alguns aspectos relacionados à produção da fala e de como este processo pode ser visualizado de um ponto de vista mais formal.

II.1. Uma visão física da fisiologia da produção da fala

A fala é produzida através da liberação de ar dos pulmões para o trato vocal, que é formado basicamente por cavidades e órgãos articuladores. O ar é conduzido para fora dos pulmões pela traquéia, passando pela laringe, onde estão as *cordas vocais*. O espaço compreendido entre as cordas vocais é chamado de *glote*, e sua abertura pode ser controlada, movimentando-se as cartilagens aritenóide e tiróide. É lá que o fluxo contínuo de ar dos pulmões é geralmente transformado em vibrações rápidas e audíveis quando falamos. Isso é feito pelo fechamento das cordas vocais, que causa um aumento gradativo da pressão atrás das mesmas, que acaba por fazer com que elas se abram repentinamente, liberando a pressão, para então tornarem a se fechar. Este processo produz uma seqüência de pulsos cuja freqüência é controlada pela pressão do ar e pela tensão e comprimento das cordas vocais. Os sons assim produzidos são chamados de *vozeados ou sonoros*, e normalmente incluem as vogais. A faixa de freqüência de vibração das cordas vocais, normalmente chamada de *pitch*, é de aproximadamente 60 a 350Hz. Na fala de uma única pessoa, essa faixa geralmente cobre uma oitava e meia.

Além da vibração das cordas vocais, o fluxo de ar pode tornar-se audível de duas outras maneiras. O fluxo pode ser constringido em algum ponto do trato vocal, por exemplo, elevando-se a língua em direção ao palato, tornando-se turbulento e produzindo um ruído de amplo espectro. Os sons assim formados são normalmente chamados de *fricativos*, normalmente presentes em fonemas como [s] e [ʃ].

Outro método é interromper totalmente o fluxo de ar em algum ponto do trato, e então liberar de uma só vez a pressão formada. Os sons assim produzidos são chamados de *plosivos*, presentes em consoantes como [p] e [t].

Estes dois últimos métodos são independentes do primeiro, isto é, sons fricativos ou plosivos também podem ser, ou não, vozeados³.

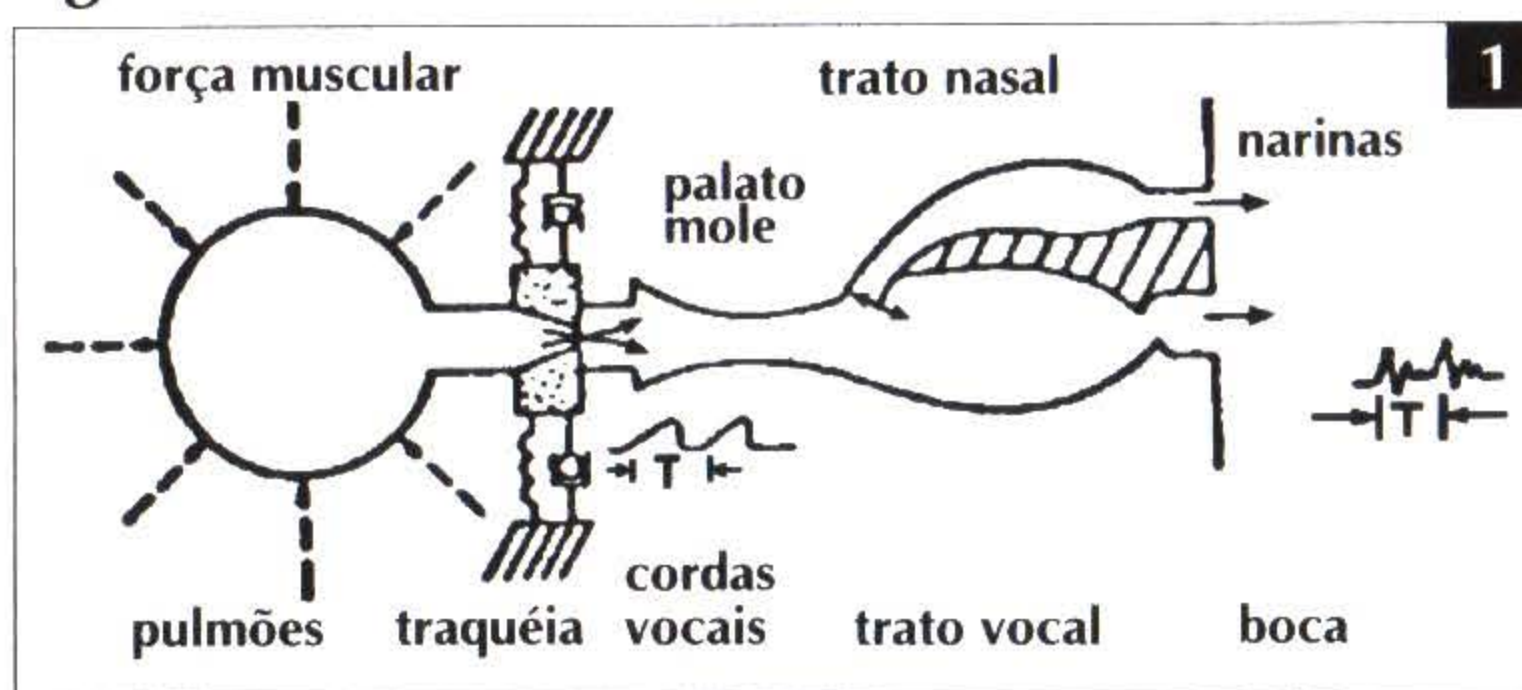
As vibrações produzidas em um ponto do trato vocal, atravessam o restante deste, que inclui laringe, faringe, cavidade bucal, cavidade nasal, língua, lábios, palato e dentes. Os espaços formados entre esses componentes funcionam como cavidades ressonantes, modificando as ondas sonoras provenientes da glote.

Este sistema fisiológico pode ser representado de um ponto de vista mais formal, ou físico, como o esquema simplificado apresentado na figura 1, onde o trato vocal é excitado pelo ar expelido dos pulmões por ação de uma força muscular, e modulado pelo sistema massa-mola correspondente às cordas vocais.

A partir desta visão do trato oral/nasal, podemos pensar nos mesmos como filtros mecânicos que modificarão o espectro de freqüência produzido pela excitação proveniente dos pulmões. As freqüências naturais de tais filtros são as chamadas

³ Os sons fricativos também são chamados de não-vozeados, mas não usaremos essa nomenclatura aqui para não causar confusão, uma vez que os sons fricativos também podem ser produzidos em conjunto com a vibração das cordas vocais (ex: [v] e [z]).

Figura 1 – Modelo do trato vocal



freqüências naturais ou *formantes*, geralmente designados por f_1, f_2, \dots, f_n (primeiro formante, segundo formante, ..., n-ésimo formante). Uma ilustração desta visão física está na figura 2.

Com base neste entendimento de como o sinal acústico da fala é produzido, foi possível

desenvolvermos sistemas computacionais que possam, através de um microfone, captar o sinal da fala, analisá-lo de modo a obter-se uma informação espectral e, em conseqüência, a conformação do sistema fonador durante a produção de um determinado trecho do sinal da fala. De posse destas informações, vários sistemas de realimentação visual foram desenvolvidos de modo a propiciar, ao usuário surdo, uma ilustração mais adequada ao treinamento e desenvolvimento de suas habilidades fonatórias. Estes sistemas foram desenvolvidos em ambiente IBM/PC compatível, sendo que a parte de aquisição do sinal de voz é realizada através de uma placa *SoundBlaster*. Estes vários sistemas serão a seguir discutidos.

II.2. Os sistemas de auxílio à Estimulação Global

Encontram-se a seguir listados os vários módulos computacionais que foram, ou estão sendo desenvolvidos, e que se encontram inseridos dentro da Estimulação Global.

PBS (Percepção Básica de Sons): proporciona a percepção e detecção de sons de instrumentos musicais e sons do meio ambiente. Usado como avaliador e treinador consiste basicamente de sons gravados em multimídia no formato WAV e que podem ser reproduzidos através de aplicativos que acompanham a maioria dos microcomputadores modernos.

SASCA (Sistema de Amplificação Segundo Curvas Audiométricas): considerando-se que os sons da fala constituem os estímulos acústicos de maior relevância para uma completa avaliação audiológica, o módulo SASCA amplia o campo de avaliação em crianças surdas, em fase de confirmação diagnóstica, adaptação ou até mesmo em uso de AASI. Através dos recursos do próprio sistema, amplia a área de pesquisa do limiar de recepção e detecção, reforçando e aprimorando a fala. (Ver fig. 3).

MAVE (Módulo de Auxílio Visual para Emissão): foi o primeiro sistema computacional desenvolvido dentro do projeto. É baseado na representação gráfica, através de um corte sagital do aparelho fonador,

Figura 2 - Ação de filtragem realizada pelo trato vocal

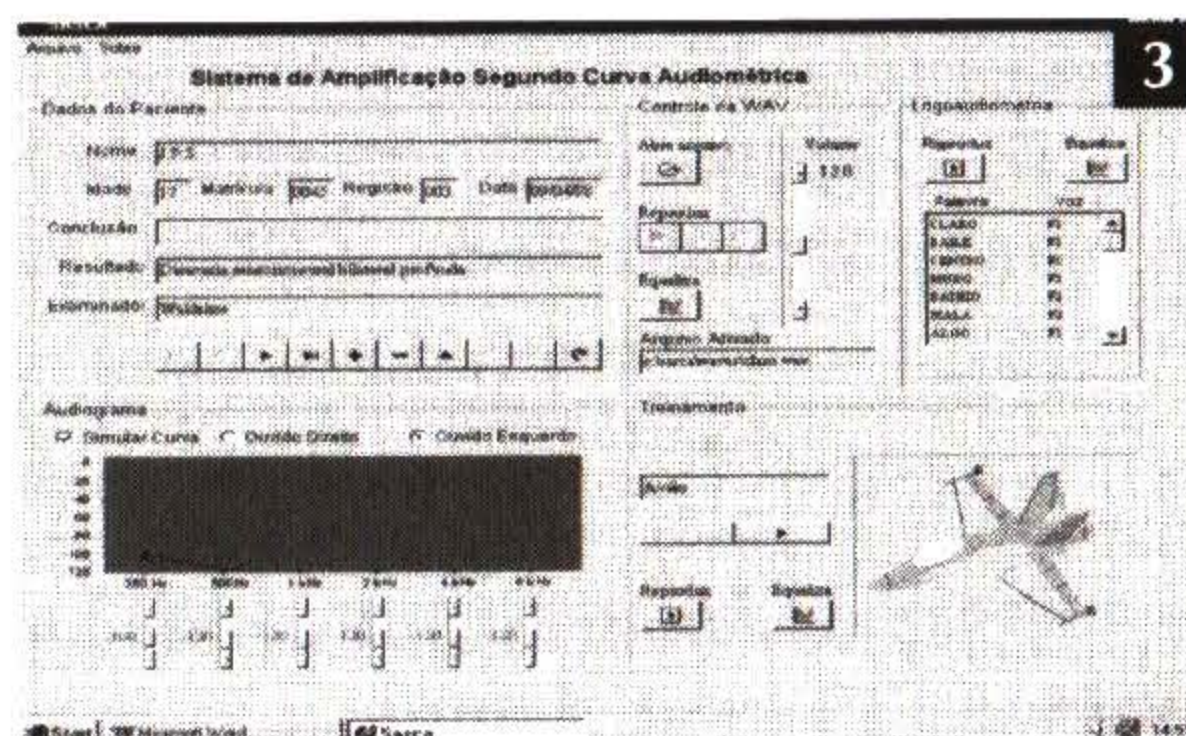
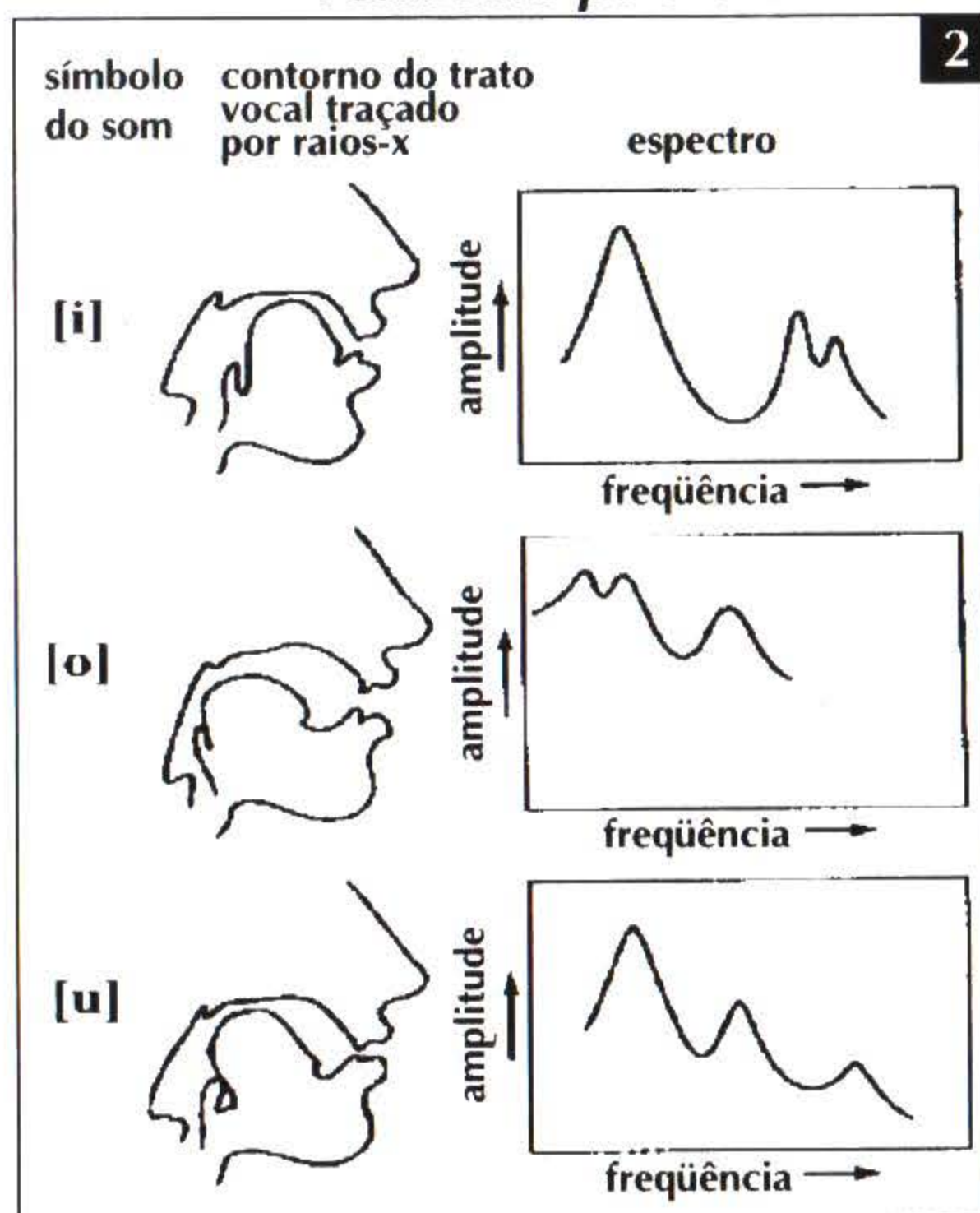


Figura 3: Ilustração do painel de interface com o usuário do módulo SASCA

dos fonemas que representam as vogais, sendo fornecida ao usuário uma configuração padrão desejada para a emissão do fonema e uma outra representação do corte sagital que se movimenta dinamicamente à medida que o usuário fala ao microfone. Conseqüentemente, este sistema propicia um modo mais eficiente do usuário se realimentar visualmente, no sentido de produzir o fonema que está sendo trabalhado. (Ver fig. 4)

MD (Módulo de Ditongos): Este módulo foi desenvolvido para propiciar um modo mais efetivo de treinamento de co-articulação de fonemas, sendo que sua ênfase está baseada na co-articulação de vogais, facilitando assim a emissão de sons onomatopéicos. Encontra-se atualmente em fase de aprimoramento e testes dentro do processo de Estimulação Global. (Ver fig. 5)

CFF (Controle de Frequência Fundamental): Este módulo tem como objetivo a detecção da frequência fundamental de vibração das cordas vocais (*pitch*) e é usado como apoio visual para monitorar a manutenção da frequência fundamental. O trabalho com este módulo possibilita a produção de uma voz sem muita variação de tonalidade entre grave e agudo. Os harmônicos serão facilitados pelos exercícios articulatórios. (Ver fig. 6)

SAR (Sistema de Auxílio Respiratório): Este módulo, que se encontra em desenvolvimento, tem como finalidade o auxílio à realização de exercícios respiratórios necessários ao processo de oralização. Será constituído de um dispositivo onde o usuário poderá soprar representações virtuais comandadas pelo fluxo e pressão de ar exercidas, tais como velas, cata-ventos e/ou outras formas lúdicas que possam ser usadas nos exercícios.

III. Conciliando a estimulação global com os avanços tecnológicos

A Estimulação Global está dividida, a princípio, em quatro fases assim denominadas:

a) Fase de instrução e avaliação: nessa fase os pais são orientados sobre os caminhos a seguir dentro de cada fase, buscando uma conscientização maior sobre o que é a surdez, os seus comprometimentos, sua reabilitação dentro da visão global, descobrindo seus limites e capacidades para a melhor integração à sociedade.

Esta fase envolve a avaliação do exame realizado pelo audiólogista, buscando uma precisão diagnóstica, uma protetização adequada e uma adaptação plena,

Figura 4: Ilustração do painel de interface com o usuário do módulo MAVE.

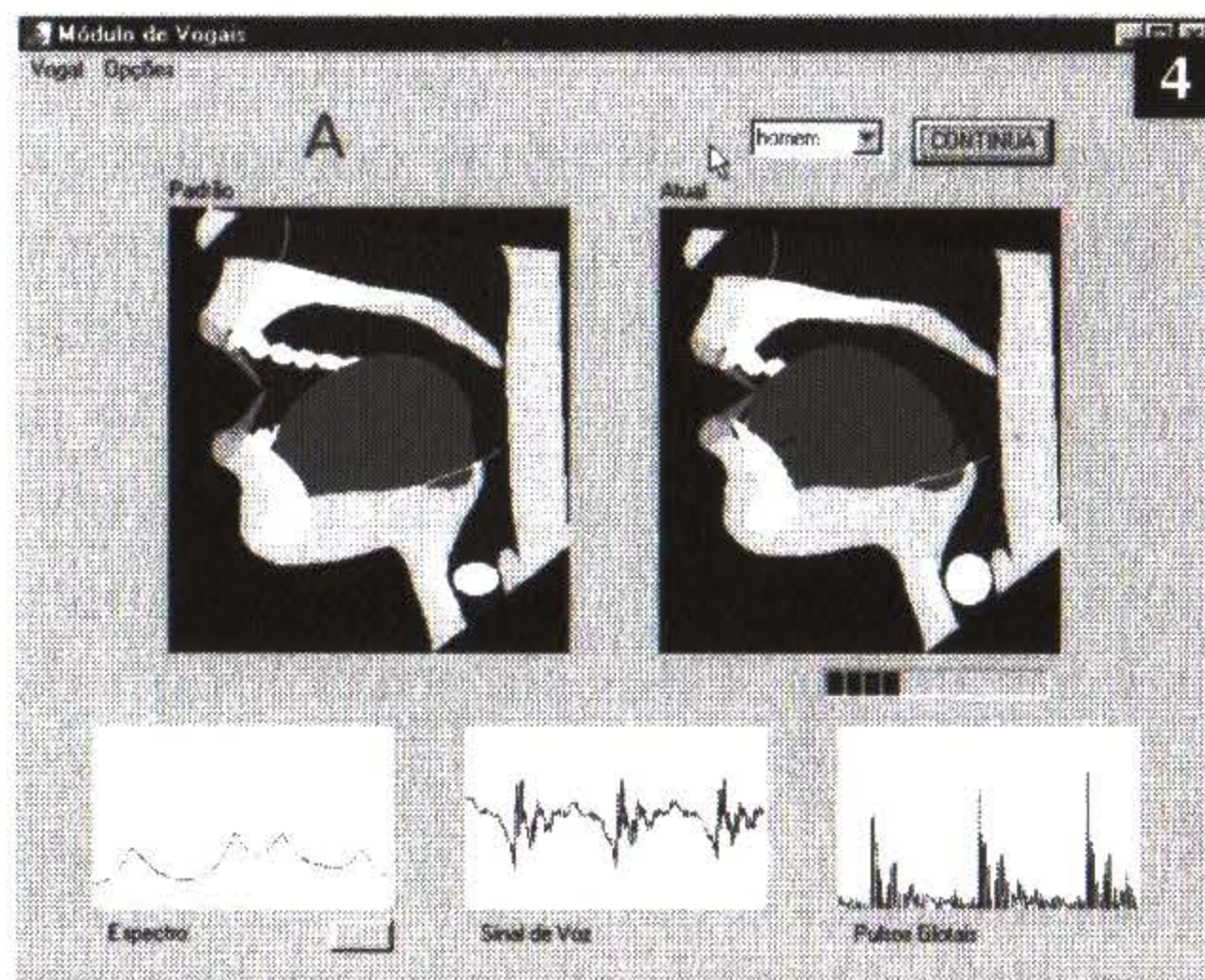


Figura 5: Ilustração do painel de interface com o usuário do módulo MD

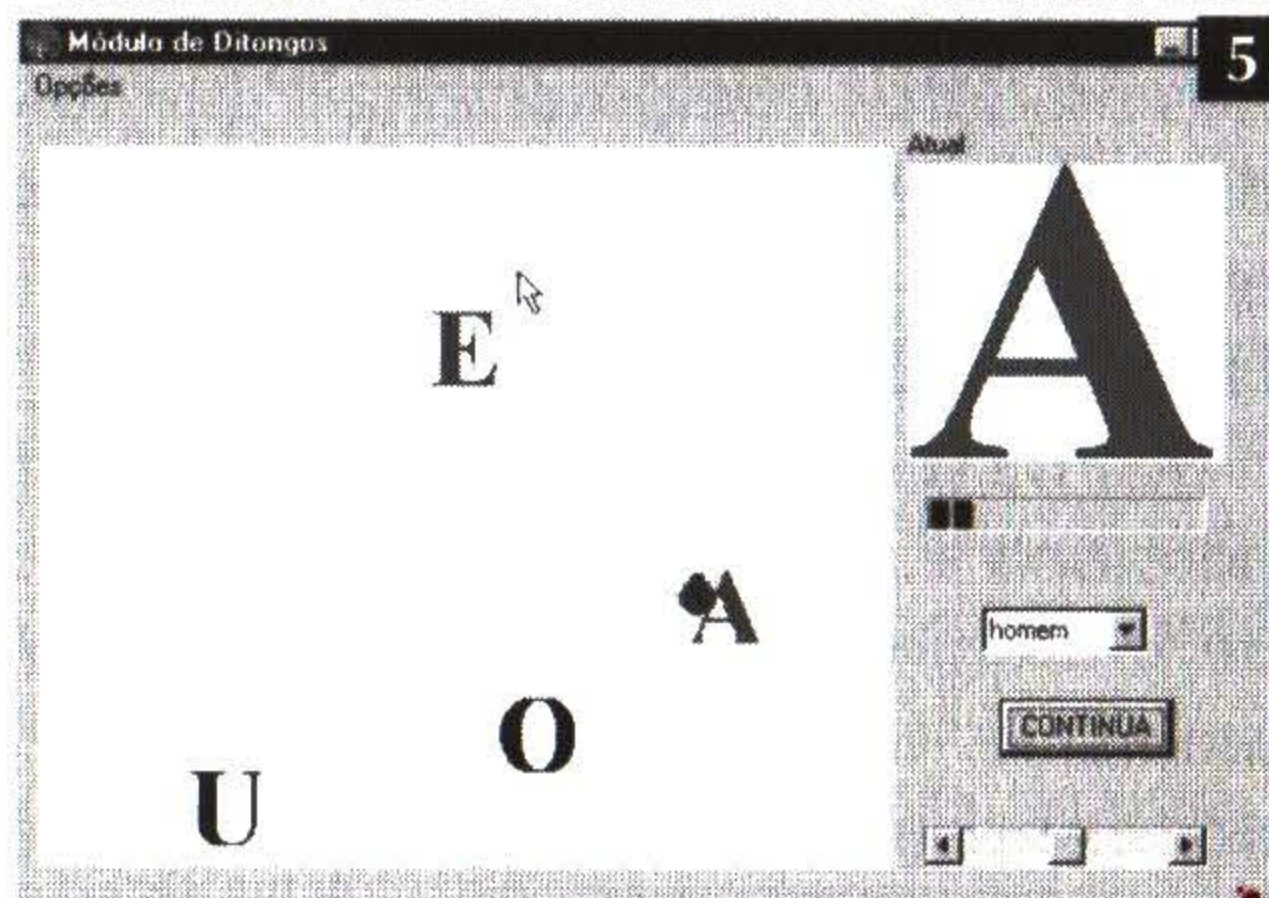
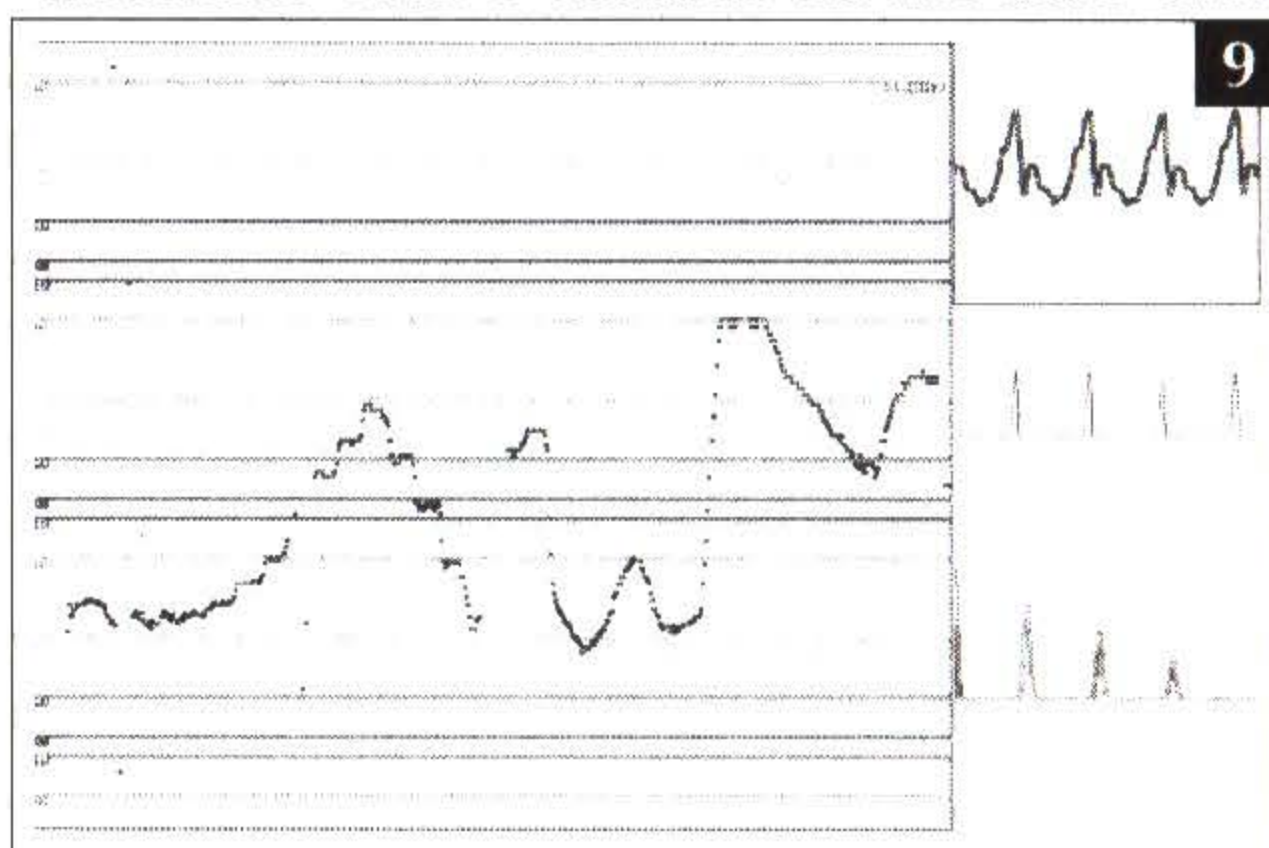


Figura 9: Ilustração do painel de interface com o usuário do módulo CFF.



sempre com a participação da família, incentivando a terapia, conhecendo os hábitos e vivências do indivíduo surdo pelo terapeuta. Cabe lembrar que existe uma preocupação dos profissionais envolvidos com a EG em favorecer aos pais o conhecimento da LIBRAS, deixando a critério dos mesmos a decisão.

Nesta fase são usados os seguintes módulos:

- PBS: contribui de forma prática na discriminação auditiva enquanto avaliador, colabora na avaliação no nível lingüístico estimulando o indivíduo surdo através do *input* visual/auditivo.
- SASCA: usado como avaliador e estimulador do resíduo auditivo. (Ver fig. 3).

b) Fase fonomotora: é uma fase corporal, que pode ser trabalhada em grupos e/ou individualmente, partindo do treinamento auditivo para o ritmo corporal, usando vocalizações, estimulando a espontaneidade, aplicando exercícios fonoarticulatórios específicos, satisfazendo a necessidade de cada um.

Nesta fase também usamos o PBS e o SASCA como estimuladores e o MD é usado como estimulador da espontaneidade oral, visando especificamente os sons onomatopéicos.

c) Fase oral-virtual-contextual: cabe inicialmente ressaltar que a visão contribuirá na intervenção do circuito que podemos chamar de ótico-motor, fundamental nesta fase, e que muito contribui para que o indivíduo surdo continue avançando no desenvolvimento global.

É notório que a criança de maneira geral repete e articula com mais facilidade as sílabas e palavras que são articuladas visualmente. Esta é uma observação que justifica a importância da estimulação visual que, além da auditiva, é fundamental nesta fase onde a discriminação vocal em crescimento e a exposição das expressões fonéticas, fazem fluir a linguagem. Assim, o indivíduo surdo inicia um treinamento efetivo com os módulos computacionais desenvolvidos, de forma direcionada à ampliação do seu vocabulário, dentro de textos próprios e com o apoio de imagens e fotos digitalizadas e ilustradas com o auxílio do microcomputador.

Os seguintes módulos são usados nesta fase como instrumentos monitores/facilitadores: MAVE e SASCA, como treinadores visuais da emissão. (Ver figs. 3 e 4).

d) Fase vocal: quando a terapia vocal no deficiente auditivo chega a ser idealizada, normalmente ela ocorre ao final de longos anos de terapia fonoaudiológica de oralização. Pode parecer que realmente a voz é um retoque final para a linguagem oral, mas ela pode ser preparada ao longo desses anos, facilitando a percepção de sutis diferenças individuais para o deficiente auditivo, além de propiciar e estimular o prazer de falar. Os próprios exercícios fonoaudiológicos aprimorados são pré-requisitos para o melhor desempenho vocal possível.

O programa vocal não tem um tempo determinado para se avaliar a clareza da inteligibilidade da voz obtida, sendo que a espontaneidade e o querer do surdo são os fatores que fazem a grande diferença no resultado final observado.

O trabalho corporal desenvolvido na segunda fase da estimulação global é a base para o Trabalho Respiratório Específico. Para qualquer conduta terapêutica em voz é fundamental que a respiração esteja adequada. No deficiente auditivo esse trabalho necessita de atenção ainda maior, em vista disso estamos desenvolvendo o S.A.R. O deficiente auditivo apresenta uma dificuldade em perceber as vibrações vocais nas caixas de ressonância. Como o seu *feedback* auditivo está alterado, há necessidade de desenvolver uma atividade tátil e/ou visual para estimular essa sensação da frequência fundamental, sendo o próximo passo da Fase d.

Os exercícios articulatórios acompanhados como seqüência dos ressonantes reforçam a qualidade dos resultados. A inteligibilidade da fala é fundamental para que esses acertos de freqüência vocal sejam feitos com sucesso e a Estimulação Global visa exatamente isso: uma emissão suave de fonemas com a melhor qualidade vocal.

Através do Controle de Freqüência Fundamental ou o *Pitch*, o surdo tem maior recurso visual começando a associar os movimentos da musculatura laríngea. A partir do modelo dado, a freqüência fundamental deve ser mantida com o apoio visual do monitor. É comum no deficiente auditivo flutuações na freqüência fundamental. O programa facilita essa manutenção. A Fase vocal pode então ser resumida em:

- Trabalho respiratório específico → trabalho corporal prévio → reequilíbrio de tensões corporais.
- Ressonância → desenvolver sensações para facilitar a percepção das vibrações produzidas pela voz.
- Exercícios articulatórios: emissão suave de fonemas → melhor qualidade vocal.

IV – Resultados

Como resultados parciais, até o momento, podemos citar o maior interesse dos indivíduos em participar da terapia, uma vez que a Informática hoje, está inserida num contexto global. O indivíduo conseqüentemente sente-se mais motivado por estar utilizando a tecnologia atual. Outro aspecto observado diz respeito à facilidade de repetição de exercícios e etapas da terapia, uma vez que o computador funciona neste caso como um incansável auxiliar do fonoaudiólogo.

Embora as observações relatadas sejam de caráter qualitativo, resultados quantitativos mais conclusivos, quanto à oralização dos alunos que integram o projeto, só poderão ser obtidos a longo prazo. Deve ser mencionado que o processo de terapia fonoaudiológica costuma levar em média dez anos. Esperamos que a utilização da terapia de Estimulação Global, que utiliza recursos computacionais especialmente desenvolvidos para esta finalidade, possa reduzir significativamente este tempo, assim como propiciar melhora na qualidade da fala do indivíduo surdo.

V – Conclusões

A evolução do projeto nos tem mostrado que o caminho da integração multidisciplinar, congregando profissionais de engenharia e fonoaudiologia, pode resultar numa nova perspectiva para a terapia de oralização para o indivíduo surdo. Esta experiência, não muito comum no país, abre a possibilidade de novos progressos para o surdo e, no nosso ponto de vista, deve ser ampliada por todos aqueles que se sentirem interessados em dela participar.

Referências bibliográficas

- Tujal, P.M. *Auxílio Visual à Oralização de Surdos*. Tese MSc. PEB/COPPE, mar., 1998.
- Pinho, W.S.; Souza M.N.; Plombon, D.; Halasz, M.T. e Tujal, P.M. *Estimulação Global para Surdos. Anais do XIV Encontro Internacional de Audiologia*, (p. 109), mar., 1999.
- Souza M.N.; Pinho W.S.; Plombon D.; e Halasz M.T. Utilização de Escalas na Avaliação da Evolução do Processo de Aprendizagem da Fala para Surdos. *Anais do XIV Encontro Internacional de Audiologia*, (p. 108) Rio de Janeiro: mar., 1999.