



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS

CÂMPUS DE BOTUCATU

**ESTUDOS SOBRE A AÇÃO DE VIBRAÇÕES ACÚSTICAS E
MÚSICA EM ORGANISMOS VEGETAIS**

Marcelo Silveira Petraglia

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Mestre no Programa de PG em Biologia Geral e Aplicada.

BOTUCATU - SP

2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

CÂMPUS DE BOTUCATU

**ESTUDOS SOBRE A AÇÃO DE VIBRAÇÕES ACÚSTICAS E
MÚSICA EM ORGANISMOS VEGETAIS**

Marcelo Silveira Petraglia

ORIENTADOR: Marcos Roberto de Mattos Fontes

CO-ORIENTADOR: Ivan Amaral Guerrini

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Mestre no Programa de PG em Biologia Geral e Aplicada.

BOTUCATU - SP

2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: Selma Maria de Jesus

Petraglia, Marcelo Silveira.

Estudos sobre a ação de vibrações acústicas e música em organismos vegetais / Marcelo Silveira Petraglia. – Botucatu : [s.n.], 2008.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Botucatu, 2008.

Orientador: Marcos Roberto de Mattos Fontes

Co-Orientador: Ivan Amaral Guerrini

Assunto CAPES: 20303009

1. Fisiologia vegetal
2. Acústica (Música) - Efeito fisiológico
3. Vibração

CDD 581.1

Palavras-chave: Complexidade; Música; *Phaseolus vulgaris* L; Vibração acústica

AGRADECIMENTOS

Agradeço de coração:

Aos meus orientadores Marcos Roberto de Mattos Fontes e Ivan Amaral Guerrini pela confiança, dedicação, olhar crítico e amizade.

Aos professores Ana Catarina Cataneo, Carlos Roberto Padovani, Francisco Luiz Araújo Câmara, Gisela Ferreira, Gustavo Maia Souza, João Nakagawa, José Figueiredo Pedras, Maria Elena Aparecida Delachiave, Marisa Trench de Oliveira Fonterrada, Ney Lemke, Roberto Morato Fernandes e Wanderley Carvalho por todo apoio, conselho e saber.

Aos amigos e colegas Daniel Donini Manoel, Gersoni Jovchevich, Márcio Luis Acencio, Murilo Stelzer, Pedro Jovchevich, Rosangela Carvalho, Tainara Bortolucci Ferrari, Valdir Zucareli, pela ajuda sempre presente.

À equipe de LabCaos - Laboratório de Caos, Fractais e Complexidade da UNESP, Botucatu, companheiros de jornada pelo universo complexo e transdisciplinar.

À equipe da OuvirAtivo – música para o desenvolvimento humano, por todo suporte técnico e financeiro.

Aos meus familiares pela paciência e pelo constante encorajamento.

SUMÁRIO

	Página
Resumo	7
Abstract	8
1. Objetivo	9
2. Introdução.....	10
2.1 O contexto do estudo.....	10
2.2 Energia vibratória e seu efeito na matéria.....	11
2.3 Definição dos agentes	13
2.3.1 Vibração acústica, som e música	13
2.3.2 O organismo vegetal	16
3. Revisão Bibliográfica - Efeitos biológicos da vibração acústica e da música.....	17
3.1 As primeiras pesquisas.....	17
3.2 A constatação do fenômeno	17
3.2.1 O efeito de frequências de som audível e ultra-som no crescimento sincrônico de culturas de <i>Scenedesmus</i> <i>Obtusiusculus</i> Chod.	18
3.2.2 O efeito de sons de frequências variáveis no crescimento de plantas	18
3.2.3 O efeito de uma frequência de som audível nos aminoácidos totais e principais aminoácidos livres solúveis em álcool do trigo Rideau (<i>Triticum aestivum</i>).....	21
3.2.4 Efeitos da intensidade de sons audíveis no desenvolvimento do trigo Rideau de inverno	22
3.2.5 O efeito de sonicação no crescimento, na germinação de sementes e crescimento de algumas árvores	23
3.2.6 Os sons da música e as plantas.....	25
3.2.7 Sonic Bloom.....	27
3.2.8 Influência de diferentes sons audíveis no crescimento de feijão	27
3.3 Estudos recentes e a biologia molecular	29
3.3.1 Estudo de quebra de dormência	29
3.3.2 Germinação com música, ruído branco e energia curativa	30
3.3.3 Alterações fisiológicas e bioquímicas em plantas como resultado de estímulos sonoros	32
3.3.4 Efeitos biológicos de um campo sonoro sobre sementes de arroz	33

3.3.5 A influencia de ondas sonoras na microestrutura da membrana de células de raiz de <i>Chrysanthemum</i>	34
3.3.6 Estímulo de ondas sonoras aciona alteração nos níveis de hormônios endógenos em um callus de <i>Chrysanthemum</i>	36
3.3.7 Efeito de um estímulo sonoro sobre a atividade de H ⁺ -ATPase	38
3.3.8 Resposta de um gene vegetal a um sinal específico de frequência sonora	40
3.4 A hipótese da “Regulação Epigenética por Ressonância” de Joel Sternheimer	42
3.5 Considerações sobre o uso de ultra-sons	49
4. Material e métodos	50
4.1 As câmaras de germinação.....	50
4.2 Do isolamento acústico das câmaras de germinação	51
4.3 Das condições de temperatura e umidade nos experimentos.....	52
4.4 Fonte sonora.....	52
4.5 As bandejas de germinação.....	53
4.6 As sementes	54
4.7 A sementeira.....	54
4.8 Variáveis estudadas.....	55
4.9 Da disposição dos tratamentos nas câmaras e a análise estatística.....	56
4.10 Tratamentos	56
4.10.1 Experimento I – Frequências simples.....	56
4.10.2 Experimento II – Intervalos musicais	57
4.10.3 Experimento III – Música variada	60
4.10.4 Experimento IV – Proteodes.....	61
4.10.5 Experimento V – Campo harmônico da Mesa Lira.....	65
5. Resultados e Discussão	67
5.1 Experimento I – Frequências simples	67
5.2 Experimento II – Intervalos musicais	68
5.3 Experimento III – Música variada	70
5.4 Experimento IV – Proteodes	72
5.5 Experimento V – Campo harmônico da Mesa Lira	72
6. Considerações gerais	74
7. Conclusão	80
8. Referências bibliográficas	81

RESUMO

O estudo dos efeitos que som e música possam ter sobre um organismo vegetal, foi em geral no passado, tratado como um tema polêmico. O objetivo deste trabalho é averiguar, dentro de um paradigma interdisciplinar, que mecanismos de ação estão envolvidos e se é possível estabelecer uma relação de ressonância e de causa e efeito, lineares ou não, entre processos vibratórios acústicos e musicais e um organismo vegetal.

Primeiramente foi realizado um estudo comparativo das várias pesquisas já desenvolvidas sobre o tema, explorando seus dados, metodologia e inter-relações. Em seguida foi realizado um grupo de cinco experimentos, utilizando diversas influências sonoras e investigado seu efeito no processo de germinação de sementes de feijão *Phaseolus vulgaris* L.. Para os experimentos I a IV foram utilizadas câmaras de germinação acusticamente isoladas e sons gravados. Para o experimento V utilizou-se um instrumento acústico (a Mesa Lira) que foi tocado ao vivo.

De modo geral pode-se observar uma coerência entre os resultados obtidos nos experimentos realizados e os dados encontrados na literatura. Todavia, estes mesmos resultados mostram, que a interação de uma planta com o fenômeno sonoro/musical, é de grande complexidade, impedindo uma visão linear e reducionista do assunto. Foi possível concluir que uma ação acústica pode efetivamente influenciar o desenvolvimento de um vegetal, mas que ainda não se tem uma hipótese satisfatória que explique esta interação.

ABSTRACT

The study of the effects that sound and music can have on a plant, was generally in the past, treated as a controversial issue. This paper aims to examine, within an interdisciplinary paradigm, which mechanisms of action are involved and whether it is possible to establish a relationship of resonance and cause and effect, linear or not, between acoustic vibration and music and plants.

First it was carried out a comparative study of various previous researches on the subject, exploring their data, methodology and inter-relationships. Then it was held a group of five experiments, using a variety of sound influences and investigated their effect in the germination of bean seeds *Phaseolus vulgaris* L.. For the experiments I to IV it were used acoustically isolated germination chambers and sound recordings. The experiment V used an acoustic instrument (the Monochord Table), which was played live.

In general it was seen a consistency between the results obtained in the experiments conducted and the data found in literature. However, these results show that the interaction of a plant with the phenomenon sound / music, is highly complex, preventing a linear and reductionism view of the matter. It was possible to conclude that an acoustic process can effectively influence the development of a plant, but that we do not have yet a good hypothesis to explain this interaction.

1. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi averiguar se é possível estabelecer uma relação de ressonância e de causa e efeito, lineares ou não, entre processos vibratórios acústicos simples e musicais e um organismo vegetal.

2. INTRODUÇÃO

2.1 O contexto do estudo

Este trabalho é um estudo comparativo das várias pesquisas já realizadas sobre o tema, visando: aprofundar o conhecimento sobre as hipóteses levantadas por outros autores, analisar a problemática do assunto, bem como apontar caminhos futuros para esta pesquisa. Ele é complementado por um grupo de experimentos, onde são analisados os efeitos da ação de vibração acústica e música sobre a germinação de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Assim, as conclusões aqui apresentadas foram baseadas tanto nos dados levantados na revisão bibliográfica, quanto nos resultados dos experimentos realizados.

O estudo aprofundado das relações sonoro-musicais com processos biológicos, poderá trazer informações importantes para, entre outros, os seguintes campos de aplicação:

- Aplicação de vibração acústica na agricultura.
- Práticas musicoterapêuticas e demais aplicações de terapias sônicas.
- Medidas regulatórias no âmbito do meio ambiente e da ecologia sonora.
- Redimensionamento da prática musical e seu papel na sociedade.
- Aprofundamento da compreensão dos fenômenos vibratórios e sua relação com a natureza, gerando novas abordagens pedagógicas e filosóficas sobre os mesmos.

Por ser este um estudo que envolve diversas áreas do conhecimento, somos levados a assumir uma visão interdisciplinar e procurar o diálogo entre pontos de vista às vezes bastante diversos. Notadamente tem-se que promover o encontro entre a biologia, a física, a música e ainda poder-se-ia, numa abordagem mais ampla, envolver a antropologia e a musicologia comparada, a fim de incorporar o conhecimento de povos tradicionais que utilizavam música em seus ritos agrícolas e terapêuticos.

Fazer tais pontes pode parecer algo ousado, mas também algo totalmente necessário, quando se aceita o paradigma epistemológico da transdisciplinaridade assim como é proposto pela “Declaração de Veneza” (AKYEAMPONG et al. 1986) e pela “Carta da Transdisciplinaridade” nos seus artigos 2 e 5 (MORIN et al.1994):

“Artigo 2 - O reconhecimento da existência de diferentes níveis de realidade, regidos por lógicas diferentes, é inerente à atitude transdisciplinar. Toda tentativa de reduzir a realidade a um só nível, regido por uma lógica única, não se situa no campo da transdisciplinaridade.”

“Artigo 5 - A visão transdisciplinar é completamente aberta, pois, ela ultrapassa o domínio das ciências exatas pelo seu diálogo e sua reconciliação não somente com as

ciências humanas, mas também com a arte, a literatura, a poesia e a experiência interior.“

Entende-se que reconhecer o organismo vegetal e o fenômeno sonoro como fenômenos complexos e que, portanto, devem ser estudados nas suas múltiplas camadas e níveis de realidade, é sem dúvida desafiador, mas ao mesmo tempo condição necessária para uma compreensão ampla e profunda sobre o assunto.

2.2 Energia vibratória e seu efeito na matéria

A idéia de que o fenômeno vibratório-sonoro tem uma força capaz de criar e destruir formas, gerar processos e agir como elemento regulador na natureza e no ser humano, nos acompanha há milênios. Diversas passagens da Bíblia, dos Vedas indianos, da literatura Persa e das mitologias Grega e Chinesa, nos relatam, de modo surpreendente, como a partir de um som, algo foi criado, destruído ou curado (DANIÉLOU, 1995). No alvorecer da idade moderna, o astrônomo e matemático Johannes Kepler, em seu tratado *Weltharmonik* de 1619 (KEPLER, 1971), coloca a música e suas leis como força determinante para a estruturação da natureza e dos movimentos celestes. Arthur Schopenhauer, em sua obra fundamental “O mundo como vontade e como representação” (SCHOPENHAUER, 2005) dá à música uma posição de destaque. Para ele, a música é a expressão direta da vontade subjacente em toda a natureza: vontade sempre insatisfeita, que almeja níveis sempre mais altos de realização. Na arte musical, o ser humano tem a possibilidade de vivenciar esta força primordial e aplacar sua insatisfação. Música, sendo ao mesmo tempo, ordem e movimento manifestos em som, é para a alma do ser humano uma experiência que diretamente o coloca em sintonia com os mais variados processos dinâmicos da natureza macro e micro-cósmica. No presente estudo a tarefa foi investigar, se, e de que maneira, o fenômeno sonoro-musical pode também, a partir da intenção humana, atuar sobre um representante do reino vegetal, provando assim o poder universal desta linguagem.

Relatam-se aqui brevemente alguns fenômenos de ordem física. Em torno de 1800, o físico Ernst F. F. Chladni demonstrou de forma clara como o processo vibratório podia ser visualizado e assim revelar sua ação formadora de padrões em substâncias granulares minerais. Com o descobrimento das "Figuras de Chladni" (Fig. 1), todo um novo leque de possibilidades se abriu para a compreensão da atuação sonoro-vibratória (ULMANN, 1996).



Figura 1 – “Figuras de Chladni” (PETRAGLIA, 2005)

Entre os anos de 1960 e 1972, ou seja, quase dois séculos depois dos primeiros experimentos de Chladni, o médico, pintor e pesquisador suíço Hans Jenny deu novo impulso a este estudo, desenvolvendo um "Tonoscópio", aparelho que permite a visualização do efeito de vibrações diretamente sobre diversas substâncias. Com o Tonoscópio eletro-mecânico, é possível controlar a frequência e intensidade em que uma placa ou recipiente acoplado ao aparelho deve vibrar. Assim Jenny (1967, 1974) submeteu diversas substâncias à ação de vibrações e registrou os fenômenos observados em livros, fotos e filmes. Especialmente as substâncias viscosas e os líquidos ofereceram todo um novo campo de pesquisa, produzindo uma série de fenômenos de circulação e pulsação. Jenny elaborou a partir destes experimentos um corpo de reflexões acerca da natureza vibratória das formas e processos na natureza, nos remetendo a ancestral e extremamente moderna concepção vibracional do mundo. Seu trabalho teve continuidade na excelente pesquisa e registro feito por Alexander Lauterwasser (2002), que se dedica em especial aos fenômenos vibratórios na água (Fig. 2).

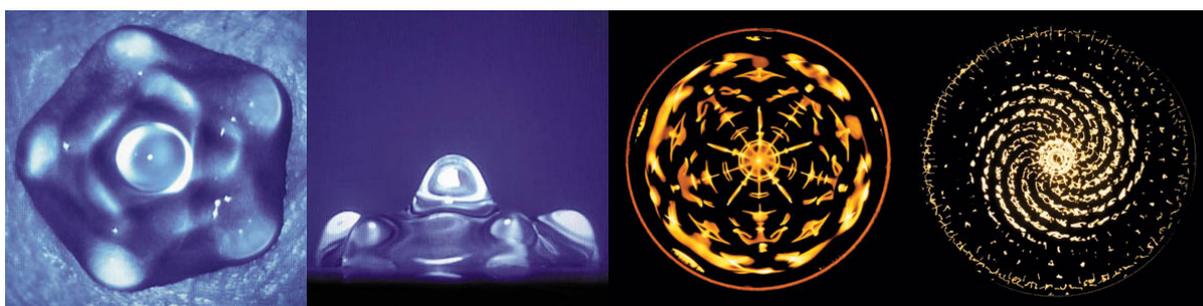


Figura 2 - Vibração na água (LAUTERWASSER, 2002)

Em recentes descobertas Pelling et al. (2004) usando um Microscópio de Força Atômica, descobriram os “sons celulares”. Foram observadas oscilações em frequências na faixa audível em nano-escala na membrana de células de *Saccharomyces cerevisiae* e o estudo dos sons gerados por diversas células foi batizado de “Sonocitologia”. Os autores relatam que a vibração, que pode ser percebida auditivamente uma vez amplificada, reflete o estado vital

da célula: células saudáveis produzem sons harmônicos enquanto células doentes (câncer de osso, por exemplo) produzem um som ruidoso. Os autores também sugerem que o processo vibratório-sonoro pode anteceder à manifestação concreta da patologia e, portanto, a Sonocitologia poderia ser usada como um método de diagnóstico vibratório. Neste sentido vê-se uma concordância com os fenômenos observados com substâncias inertes das figuras de Chladni, Jenny e Lauterwasser, onde o impulso vibratório age configurando a substância segundo sua própria estrutura.

A partir do acima exposto, vê-se que de modo geral o processo vibratório cria formas e processos reais, que se tornam visíveis à medida que substâncias são a eles agregadas. Pode-se dizer que, no âmbito das substâncias inertes, o padrão vibratório precede a forma material e trabalha para que esta se manifeste, movendo e ordenando suas partículas. Esta constatação permite indagar sobre os efeitos que um estímulo sonoro-vibratório possa ter sobre um organismo vivo, em especial um vegetal. Uma vez constatados estes efeitos, deve-se perguntar: é possível fornecer exteriormente uma informação vibratória específica e assim levar o organismo alvo a intensificar, desenvolver, inibir, ou, em caso de distúrbios, restabelecer seu padrão saudável? Deve-se lembrar, entretanto, que um organismo possui sua própria dinâmica e padrões de desenvolvimento e constrói sua existência em diálogo com o meio ambiente. Sendo assim deve-se estudar e tentar compreender em toda sua complexidade, os processos de comunicação que se estabelecem entre os agentes envolvidos: a planta e os fenômenos acústicos.

2.3 Definição dos agentes

A título de clareza se faz necessário caracterizar os vários agentes deste estudo e definir alguns conceitos fundamentais que serão utilizados ao longo do texto.

2.3.1 Vibração acústica, som e música

Deve-se reconhecer que o que normalmente chamamos de "som", é a percepção subjetiva de um fenômeno vibratório, que dentro de certos parâmetros estimulou o órgão sensorial da audição. O caminho que as vibrações fazem, advindas do meio externo, através do ouvido externo, ouvido médio até o ouvido interno, é essencialmente um processo mecânico. Trata-se da transferência de energia comunicada através do meio gasoso (no ouvido externo), meio sólido (no ouvido médio - membrana timpânica → martelo → bigorna → estribo → janela oval), meio líquido (dentro do ouvido interno - cóclea), até chegar a estimular as células ciliadas que transformam o impulso recebido em impulsos elétricos que são transmitidos ao cérebro via nervo auditivo. Somente a partir deste ponto, ou seja, da completa transformação

do movimento mecânico em impulso nervoso é que de fato se pode falar de "som" e sua percepção. Até então se pode, quando muito, referir-se a uma sensação tátil, por exemplo, como a que ocorre no tímpano quando este é estimulado pelas alternâncias de pressão que compõe o fenômeno vibratório acústico.

Portanto, entende-se que "som" (sensação sonora), só existe dentro de um ser, na medida em que um órgão apropriado é capaz de transformar um processo mecânico em impulso nervoso e que no cérebro seja feita a interpretação correta desta informação (FERNANDES, 2006). De fato, deve-se lembrar que o ponto central do processo se encontra no nível neurológico, pois tanto o corpo todo pode servir como "ouvido", captar e levar até o ouvido interno as vibrações acústicas (como acontece muitas vezes com deficientes auditivos), como também de forma sutil a própria "imaginação sonora" faz ouvir sons e melodias (SACKS, 2007). Compositores têm esta habilidade extremamente desenvolvida, pois é a partir de sua escuta interna que transpõem para a escrita ou diretamente em um instrumento suas criações.

Levando em consideração o que foi dito acima, doravante se utilizará o termo Vibração Acústica (VA) para designar o fenômeno vibratório que pode gerar uma sensação sonora, mas que de fato só se manifestará quando a vibração acústica for interpretada por um órgão sensorial adequado. É natural que para descrever e qualificar a VA, utiliza-se expressões originadas na percepção sonora subjetiva. Quando se fala de "agudo", "grave", "longo" ou "curto", "forte" ou "piano", etc., assim é feito, pois são com estas qualidades que a VA se manifesta à consciência. Entretanto, não se devem confundir estas sensações com o fato externo objetivo.

Para maior clareza neste estudo, é importante caracterizar a VA em seus vários aspectos. Do ponto de vista da sua manifestação sonora reconhecem-se em primeiro lugar quatro elementos básicos, que tanto podem ser analisados e quantificados, como podem ser vivenciados subjetivamente enquanto elementos sonoro-musicais.

- 1- Altura - é determinada pela frequência ou comprimento de onda. Musicalmente está associado ao "Tom" (Dó, Ré, Mi, etc.). Tons são conjuntos de frequências selecionadas e ordenadas dentro do contínuo das frequências audíveis. Esta seleção e ordenação se dá segundo critérios matemáticos de proporções e é particular de cada cultura e momento histórico. Pode-se dizer que os sistemas e as relações tonais são o resultado de uma percepção particular de uma cultura dentro de um universo de possibilidades de proporções matemáticas (RULAND, 1981).
- 2- Duração - é o tempo de atividade da vibração. Musicalmente este parâmetro é elaborado dentro da estrutura Rítmica e Formal de uma peça. A duração de cada tom,

de cada frase e mesmo de uma composição inteira é ordenada tanto por critérios subjetivos da sensibilidade artística, quanto por proporções numéricas, que, podendo tomar uma unidade de pulso como referência, determinam e equacionam proporcionalmente a duração dos sons. (1:1, 2:1, 3:1, 3:2, etc.).

- 3- Intensidade - é dada pela amplitude da onda. Aquilo que normalmente se chama de "volume" e suas matizes de *Forte - Piano*, é na verdade o efeito da amplitude da onda e sua potência sobre o órgão sensorio.
- 4- Timbre ou "Cor Tonal" - é o resultado da composição entre a frequência fundamental e os seus harmônicos, bem como a modulação deste conjunto ao longo do tempo (envelope sonoro) (BENADE, 1976). Sabe-se que não existem tons puros de natureza acústica. Toda frequência fundamental se desdobra em uma série infinita de "harmônicos" que são os múltiplos da frequência fundamental seguindo a série de números naturais. Estes Harmônicos tem normalmente intensidade bastante reduzida se comparados à sua frequência fundamental e ao soarem conjuntamente criam aquilo que chamamos Timbre. O Timbre de um instrumento é composto pela particular composição das intensidades de seus harmônicos (APEL, 1945).

Neste trabalho os quatro elementos acima descritos, serão considerados partes integrantes e significativas do fenômeno sonoro-musical. Na verdade, é a combinação deles, seu seqüenciamento e ordenação simultânea, que cria o fato musical cujo efeito sobre os organismos vegetais se quer estudar. Deve-se, entretanto, levar em conta que música é essencialmente uma linguagem cultural que transmite uma mensagem, por mais intraduzível que ela seja, em conceitos. Como ressalta Sternheimer (2001), deve-se lembrar que a informação contida num fenômeno acústico (musical) está para este, assim como a mensagem de um texto está para a tinta e o papel e não se deve confundir a informação com seu suporte físico. Música é uma linguagem vibratória complexa, que opera em muitas linhas e relações frequências e temporais. Esta arte-linguagem produziu ao longo da história uma enorme variedade de estilos e manifestações. Cada peça musical criada situa-se dentro de um contexto cultural e histórico e de algum modo leva sua mensagem aos seus ouvintes. Estes sempre a ouvirão segundo seu filtro cultural, temporal e mesmo pessoal, o que torna difícil uma avaliação objetiva da mensagem informativa que a música contém. Neste sentido, quando se fala em informação e linguagem, se é obrigado necessariamente a considerar a relação entre o emissor e o receptor e entender de que modo e em quais planos eles se conectam. Como se verá adiante, é nesta relação e em suas implicações físicas, biológicas, musicais e até mesmo nos paradigmas epistemológicos envolvidos, que reside toda a problemática deste estudo.

2.3.2 O organismo vegetal

Tradicionalmente o termo Vegetal pode ser usado para designar o Reino inteiro *Plantae*, como empregado por Lineu nos Reinos Animal, Vegetal e Mineral. Ele se caracteriza essencialmente por apresentar as propriedades daquilo que chamamos Vida. Em um organismo vegetal encontra-se nascimento, diferenciação, nutrição, respiração, eliminação, crescimento, regeneração, adaptação, reprodução, morte e mais toda uma série de hábitos e comportamentos inerentes e fundamentais ao processo da vida. É este conjunto de aspectos que vai distinguir o que é vivo de um mineral.

Um vegetal está totalmente inserido numa relação de interdependência com seu meio ambiente e é na interação com este que sustenta sua existência. Trewavas (2003) descreve com inúmeros exemplos a capacidade “inteligente” que uma planta tem para se relacionar com seu meio. Sua capacidade de ramificar acentuadamente as raízes em solos ricos para melhor aproveitamento dos nutrientes ou alongá-las, acelerado seu crescimento, para sondar novas áreas mais propícias. Ou a capacidade de perceber e evitar o contato direto com outras raízes reagindo de forma análoga à demarcação de território em animais, ou ainda os processos de comunicação interna que permitem que as percepções tidas em uma parte da planta sejam transmitidas a todo o organismo fazendo com que este responda de forma coerente a uma situação de risco ou vantajosa. Estes são apenas alguns exemplos de como uma planta percebe, mapeia e navega no complexo labirinto de estímulos do seu meio.

Tem-se hoje uma vasta literatura sobre os diversos elementos do meio ambiente que afetam o desenvolvimento vegetal. A água, a estrutura do solo e seus nutrientes, o ar, a luz, o vento, a temperatura, a umidade, o magnetismo, a eletricidade e a radiação, são reconhecidamente fatores que vão influenciar desde a germinação, todo o ciclo completo da vida de uma planta (LEVIT, 1980).

Pode-se perguntar: será que o som, como um elemento integrante e indissociável de um bioma, também não afeta o organismo vegetal? Se uma planta é sensível a uma série de estímulos sutis, como a luz, por exemplo, porque ela não reconheceria e responderia a um estímulo acústico, que em primeiro lugar é uma alternância de pressão positiva e negativa exercendo uma ação mecânica sobre a parede celular? As seções seguintes procurarão fornecer subsídios para o aprofundamento destas questões.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA - EFEITOS BIOLÓGICOS DA VIBRAÇÃO ACÚSTICA E DA MÚSICA

3.1 As primeiras pesquisas

A mais estranha experiência que Charles Darwin realizou com uma planta foi sentar-se diante de uma *Mimosa pudica* L. e tocar seu fagote para ela bem de perto para ver se conseguia estimulá-la a mover suas folhas pinadas. A experiência fracassou, mas foi suficientemente exótica para despertar o interesse do famoso fisiologista alemão Wilhelm Pfeffer que por sua vez tentou, também sem êxito, provocar respostas ao som em estames de *Cynararea* (TOMPKINS & BIRD, 1977). Inspirados por esta idéia, Singh & Ponniah apud. Klein & Edsall (1965) da Universidade de Annamalai – Madras, relataram uma série de experimentos onde *Mimosa pudica* L. foi submetida a 25 minutos diários de música Karnática (estilo musical do sul da Índia) tocada ao violino. Os autores relataram o aumento considerável do número de brotos, a produção de galhos e o número de folhas, quando comparado ao grupo controle. Os mesmos autores também relataram o efeito acelerador de vários tipos de som sobre o fluxo do protoplasma de *Hydrilla verticillata* Presl.

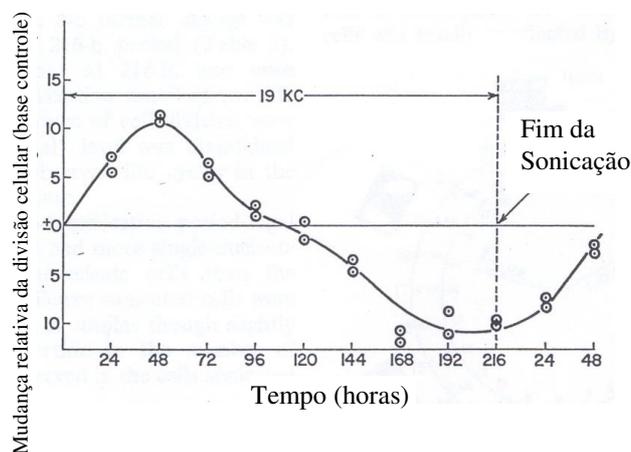
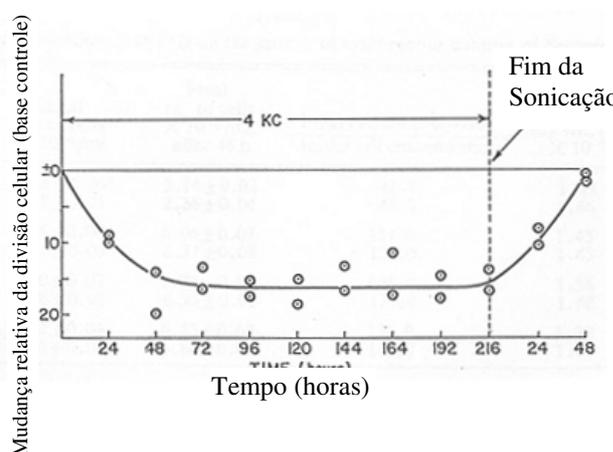
No início dos anos 60, uma série de experiências, não publicadas em periódicos científicos, mas citadas tanto por Tompkins & Bird (1977) quanto por Klein & Edsall (1965) relatam o uso de música e frequências simples em hortas e plantações de trigo, milho e soja, sempre com aumento da produtividade. Klein & Edsall (1965) a fim de averiguar estes relatos realizaram um experimento onde seis grupos de *Tagetes erecta* L. foram expostos a gravações de canto gregoriano, uma sinfonia de Mozart, Dave Brubeck Jazz, Beatles, Big Band Jazz e um grupo controle em silêncio. As plantas recebiam a sonorização duas vezes ao dia e eram mantidas em ambiente com temperatura, umidade e fotoperíodo controlados. Os resultados não apresentaram resultados significativos entre os grupos.

3.2 A constatação dos fenômenos

Entre 1970 e 1981, Pearl Weinberger, do departamento de Biologia da Universidade de Ottawa-Canadá, em parceria com vários colaboradores, realizou e publicou uma série de experimentos onde foi investigada a ação de música e frequências simples sobre diversos tipos de organismos vegetais. Seus artigos foram amplamente citados em trabalhos posteriores. A seguir encontra-se um breve resumo dos mesmos.

3.2.1 O efeito de freqüências de som audível e ultra-som no crescimento sincrônico de culturas de *Scenedesmus Obtusiusculus* Chod.

Sonicações de 4 kHz e 19 kHz foram aplicadas a culturas da alga *Scenedesmus obtusiusculus* Chod. durante várias fases do seu ciclo mitótico (WEINBERGER & DAS, 1972). A sonicação com 4 kHz diminuiu a divisão celular (Fig. 3). Com 19 kHz houve inicialmente um leve aumento da divisão celular seguido de inibição com a exposição prolongada da sonicação (Fig. 4). Um período de “relaxamento” de duas gerações foi necessário para que as células retomassem seu ritmo normal de divisão. As células se mostraram mais sensíveis ao efeito sonoro durante o primeiro quarto do seu ciclo de vida de 24h e aparentemente insensíveis à sonicação no último quarto. Não foi observado efeito sobre os cromossomos. Os autores sugeriram que a sonicação altera especificamente eventos que ocorrem nos estágios iniciais do ciclo celular.



Figuras 3 e 4 - Variação da divisão celular de *Scenedesmus Obtusiusculus* Chod. Sob a influência de vibração acústica de 4 kHz e 19 kHz.

Este estudo torna-se relevante, pois mostra de maneira clara o efeito de vibrações acústicas sobre o metabolismo celular. Vale notar que os autores indicam que a sonicação não causou alterações estruturais no organismo, mas apenas alterou seu comportamento durante o período de exposição.

3.2.2 O efeito de sons de freqüências variáveis no crescimento de plantas

Pesquisas no campo da etnomusicologia freqüentemente relatam o uso de músicas rituais que são tocadas para plantas durante os períodos de germinação e crescimento. Malinowsky apud Winberger & Graefe (1973) relata que em certas culturas do Pacífico, melodias imitando o canto de pássaros são comumente entoadas durante a semeadura.

Winberger & Graefe (1973) idealizaram um estudo para testar o efeito de sete melodias tradicionais (Tab.1), com referência a uma suposta ação positiva sobre o

desenvolvimento de plantas. Foi utilizado, além do controle sem som, um tratamento com ruído branco, que é uma distribuição aleatória de todas as frequências audíveis. As plantas alvo, pepino, milho e aveia, foram avaliadas do ponto de vista da germinação e desenvolvimento. As melodias usadas foram fornecidas pelo Centro Canadense de Estudos do Folclore, Museu do Homem, Ottawa.

Tabela 1 – Relação de peças musicais

N.	Tipo	Relação agrária
I	Coro masculino	Pepino
II	Coro Feminino	Aveia
III	Vocal	Feno
IV	Vocal	Linho
V	Saducacai Pipes	Legumes
VI	Flauta Sopilka	Legumes
VII	Flauta Sopilka (amplitude randomizada)	-
VIII	Ruído branco	-
C	Silêncio	-

Todo material sonoro teve seu espectro de frequência analisado e o nível de intensidade padronizado. Para o estudo de germinação foram usadas um total de 300 sementes por tratamento, distribuídas em três câmaras de germinação escuras, intercalando 8 horas de sonorização com igual período de silêncio. Para o estudo de desenvolvimento as sementes foram postas a germinar do modo descrito acima e no período seguinte expostas há 8 horas diárias de sonicação com os mesmos tratamentos. Foi medido o peso de matéria fresca e seca, número de folhas e de botões emergentes (WINEBWRGER & GRAEFE, 1973).

Nos resultados do estudo, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos no que se refere à germinação, mas quanto ao desenvolvimento, foi observado um aumento significativo em todos os parâmetros estudados para o pepino sob a influência da melodia VI (Tab. 2) e em alguns parâmetros do milho e aveia (Tab. 3 e Tab. 4) respectivamente.

Valores seguidos por letras diferentes, diferem significativamente a 5% de probabilidade.

Tabela 2 – Pepino após 8 semanas de crescimento

Melodia	Altura cm	Peso fresco g	Peso Seco g	N. botões	N. folhas
Controle	25,4 b	6,9 b	0,6 b	20,2 b	10,8 b
II	26,1 b	5,8 b	0,5 b	31,7 b	11,2 b
VI	51,0 a	12,7 a	1,0 a	61,3 a	18,7 a

Tabela 3 – Milho após 8 semanas de crescimento

Melodia	Altura cm	Peso fresco g	Peso Seco g	N. folhas
Controle	78,9 a	13,9 b	1,5 a	7,8 a
II	78,6 a	15,1 ab	1,4 a	7,5 a
VI	82,9 a	17,2 a	1,7 a	8,4 a

Tabela 4 – Aveia após 8 semanas de crescimento

Melodia	Altura cm	Peso fresco g	Peso Seco g	N. folhas	N. hastes
Controle	66,5 a	36,4 b	0,4 a	9,6 a	2,4 a
II	70,3 b	37,3 b	0,5 a	9,2 a	2,0 a
VI	76,0 c	43,9 a	0,5 a	9,2 a	2,0 a

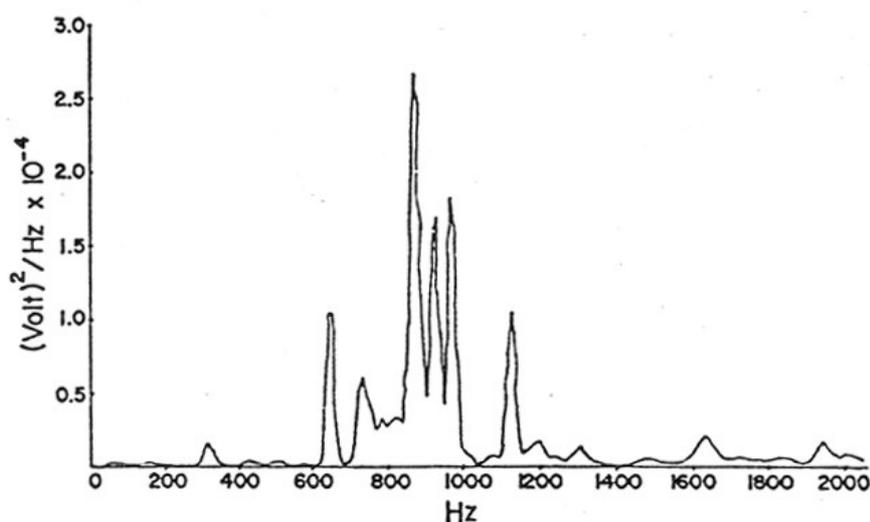


Figura 5 - Peça VI, Sopilka, análise de frequências.

Por este estudo apresentar tanto a análise estatística (ausente nos trabalhos anteriores) como a análise dos espectros de frequências das melodias, os resultados obtidos começam a delinear uma pergunta altamente relevante para o nosso estudo: por que certas plantas têm uma resposta específica a certos conjuntos de intensidades e frequências? Os autores sugerem

que o efeito positivo do tratamento VI, se relaciona com a proeminência das frequências na faixa de 900 a 1000 Hz (Fig. 5) e o timbre mais puro da flauta.

3.2.3 O efeito de uma frequência de som audível nos aminoácidos totais e principais aminoácidos livres solúveis em álcool do trigo Rideau (*Triticum aestivum*)

Sementes do trigo variedade Rideau, foram embebidas e sonicadas com 5000 Hz a uma intensidade de 92 dB, ou mantidas em silêncio (MEASURES & WEINBERGER 1978). Ambos os grupos passaram por um período de quatro semanas de vernalização. Após este período, o tegumento foi retirado dos grãos e o embrião separado do endosperma.

Os resultados (Tab. 5) mostram que em média a composição de aminoácidos livres apresentaram valores 18 vezes maior no embrião que no endosperma. Algumas alterações significativas também foram notadas entre o grupo sonicado e controle: os níveis de Serina e Prolina foram respectivamente 38% e 26% maiores no grupo controle. Já a Alanina teve concentração 62% maior no embrião e 50% menor no endosperma do grupo sonicado.

Tabela 5 – Aminoácidos livres solúveis em álcool e compostos de amidas ($\mu\text{mol}/10\text{g}$ massa seca) de grãos de trigo Rideau, grupo controle e grupo exposto à sonicação.

	Embrião		Endosperma	
	Controle	5 kHz	Controle	5 kHz
Ácido Aspártico	42	43	5	7
Serina	84	61	4	4
Ácido Glutâmico	59	55	6	5
Prolina	244	193	4	4
Glicina	46	36	1	4
Alanina	121	196	5	2
Valina	35	27	2	2
Metionina	*	*	*	*
Isoleucina	17	14	2	1
Leucina	19	9	1	1
Tirosina	*	*	1	1
Fenilalanina	11	13	2	2
Lisina	*	*	*	*
Histidina	14	14	*	1
Argina	22	14	1	1
Aspargina	304	254	16	10
Glutamina	598	528	13	11

* menos que $\mu\text{mol}/\text{g}$ massa seca

O número total de aminoácidos e amidas livres no grupo controle (Tab. 6) no embrião, sugere que mais proteínas podem ter sido absorvidas na cadeia respiratória ou terem sido convertidas em algum outro composto nitrogenado no grupo sonificado.

Tabela 6 – Porcentagem de aminoácidos livres solúveis em álcool no embrião do grupo controle e grupo exposto à sonificação de grãos de trigo Rideau, ($\mu\text{mol}/10\text{g}$ massa seca)

	Controle	5 kHz	% diferença
Aminoácidos	714	675	5,5
Amidas	902	782	13,3
Total	1616	1457	9,8

3.2.4 Efeitos da intensidade de sons audíveis no desenvolvimento do trigo Rideau de inverno.

Sementes e plantas de trigo, variedade Rideau, foram sonificadas com frequências de 300 Hz, 1250 Hz, 5000 Hz e 12000 Hz, mais um grupo com ruído branco e um controle sem som (WEINBERGER & MEASURES, 1978). As aplicações foram feitas em intensidades de 92 dB, 105 dB e 120 dB. Um grupo de cada recebeu a sonificação apenas durante o período de vernalização e outro tanto na vernalização quanto na fase de crescimento.

Os resultados obtidos (Tab. 7) mostram que a altura das plantas não foi afetada, mas o número de raízes, a massa seca das raízes e a massa seca dos brotos apresentaram diferenças significativas com a aplicação de 5000 Hz, a 92 dB, quando comparada com os outros tratamentos.

Tabela 7 – Efeitos da frequência e da intensidade na sonificação do trigo Rideau, durante e após 4 semanas de vernalização e 8 semanas de crescimento.

	Frequências						
	Controle	5 kHz		Média de 12, 5, 1,25 e 0,30 kHz e ruído branco			
Intensidade dB							
Vernalização	0	92	92	105	105	120	120
Crescimento	0	0	92	0	105	0	120
Altura da planta, cm	51,1 a	57,2 a	60,3 a	59,9 a	52,9 a	53,4 a	57,8 a
N. de raízes	46 b	67 a	71 a	56 ab	34 c	45 bc	41 bc
Massa seca de raízes, g	0,24 c	0,64 b	0,77 a	0,38 c	0,26 c	0,31 c	0,27 c
Massa seca de brotos, g	2,4 b	3,73 a	4,50 a	3,63 ab	1,40 b	2,0 b	1,9 b

Também o número de hastes e o número de folhas foi significativamente maior no tratamento com 5000 Hz. a 92 dB (Tab. 8).

Tabela 8 – Estudos morfogênicos

Tratamento	Dias	N. de hastes	N. de folhas emergentes
0 dB na vernalização 0 dB no crescimento	29	2,6 (+- 0,2)	10,5 (+-0,5)
5 kHz (92/92 dB)	29	4,0 (+- 0,4)	13,5 (+-1,5)
S†	29	2,7 (+-0,2)	10,0 (+-1,0)

† Médias do tratamento sonoro com 0,3 , 1,25 , 5,0 e 12,0 kHz ou ruído branco, 105 – 120 dB

Os autores ressaltam que a resposta ao tratamento foi dependente tanto da frequência quanto da intensidade e ainda que a frequência de 300 Hz que tinha mostrado uma influência positiva na aceleração do crescimento em um experimento com outra variedade de trigo (Marquis spring wheat), neste caso não apresentou o efeito esperado. Esta especificidade da relação frequência sonora – resposta vegetal, é uma constatação importante e, como se verá adiante, confirmada por outros experimentos.

Outro aspecto interessante deste estudo é que foi observada uma modificação inesperada na forma da terceira e quarta folha emergente, de aproximadamente 3% das plantas que receberam o tratamento com 105 dB ou 120 dB. Esta modificação foi comparável a uma deformação conhecida quando a planta sofre um estresse por calor ou frio. As células das folhas neste estágio do desenvolvimento parecem ser bastante susceptíveis a ambientes adversos e aparentemente as altas intensidades foram percebidas como uma agressão.

3.2.5 O efeito de sonicação no crescimento, na germinação de sementes e crescimento de algumas árvores

Sementes de quatro espécies de coníferas *Pinus banksiana* Lamb. (Jack Pine), *Pinus resinosa* Alt., *Larix europea* L. e *Picea glauca* Voss, foram expostas a 30 minutos de ultrassom a 1 MHz em três intensidades variando de 0,5 a 6,0 W/cm² (WEINBERGER & BURTON, 1981). A germinação subsequente foi medida e analisada em termos da *média diária de germinação* (MDG) e do *pico de velocidade* (PV). Destes dados foi obtido o *índice de germinação* (GV). Somente o *Pinus banksiana* Lamb. respondeu ao tratamento com ultrassom alcançando níveis mais altos de MDG (Tab. 9) e GV (Tab. 10). Sementes de *Pinus banksiana* Lamb. foram também sonicadas com 25 kHz, 50 kHz, 100 kHz, 250 kHz e 750 kHz com intensidades na faixa de 0,5 a 1,0 W/cm². Nenhum destes tratamentos afetou o curso da germinação. Em seguida, mudas de todos os tratamentos foram medidas aos 8 e 14

dias de crescimento e foram divididas em 7 categorias conforme seu comprimento. O *Pinus banksiana* Lamb. sonicado a 1MHz obteve o maior número de plântulas no grupo de maior tamanho (Tab.11).

Tabela 9 – Porcentagem média de germinação do grupo sonicado e grupo controle de sementes de Jack Pine.

Tempo após a embebição, h	Média de germinação % +- SF		
	Controle	Sonicado	P
48	2 (+-4)	8 (+-12)	0,14
54	21 (+-12)	49 (+-17)	0,002
58	32 (+-18)	56 (+-16)	0,004
64	41 (+-17)	62 (+-13)	0,004
72	73 (+-9)	83 (+-9)	0,018
78	89 (+-8)	90 (+-10)	0,82

Tabela 10 – Valores de germinação para grupos sonicado e controle de sementes de Jack Pine (28 dias).

	Controle	Sonicado a 1 MHz
MDG	18	29
PV	21	28
GV	419	544

Tabela 11 – Efeitos da sonicação com 1MHz no crescimento de plântulas de Jack Pine, após 8 e 14 dias da germinação. N = 3000

Idade das plântulas em dias	Faixa de altura* em mm	Tratamentos +-SF	
		Controle	Sonicado
8	0 – 2	1,0 (+-3,0)	8,0 (+-3,1)
	30 – 50	20,5 (+-15,0)	32,5 (+-9,9)
14	5 – 10	0,2 (+-1,8)	0,3 (+-1,6)
	15 – 20	1,8 (+-4,4)	0,5 (+-2,7)
	21 – 30	1,4 (+-4,6)	1,8 (+-3,9)
	31 – 50	7775 (+-90,9)	8325 (+-93)
	>50	538,8 (113,9)	1697 (+-91,8)

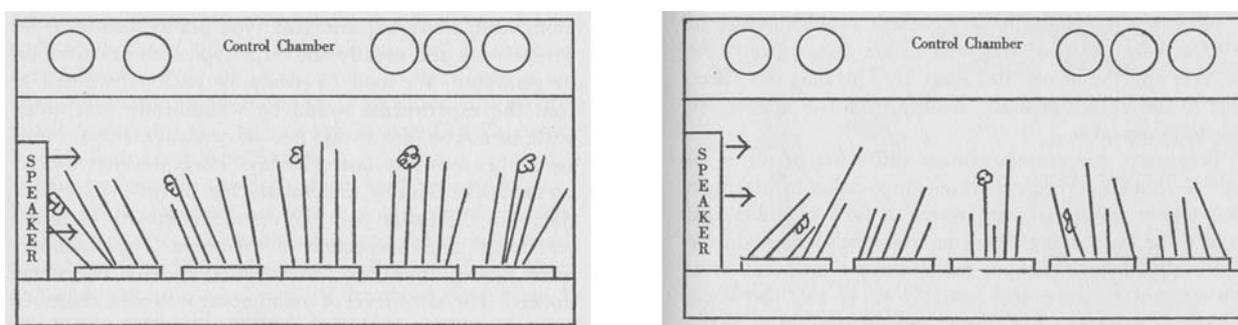
* soma dos tamanhos das plântulas em mm

A pergunta com que os autores encerram a discussão do artigo é: porque a germinação e o primeiro estágio de desenvolvimento do *Pinus banksiana* Lamb. foi afetado pelo tratamento com 1MHz e as outras espécies não?

Como dito, os trabalhos de Pearl Weinberger e sua equipe foram extremamente importantes para a constatação dos efeitos de VA sobre organismos vegetais. Mesmo não tendo tido as condições de formular hipóteses acerca deste fenômeno, a sua metodologia bem cuidada garantiu que os artigos fossem citados e servissem de base para pesquisas posteriores.

3.2.6 Os sons da música e as plantas

Em torno da mesma época, a cantora e organista Dorothy Retallack, então graduanda do Temple Beull College, Denver, Colorado, conduziu uma série de experimentos, posteriormente publicados no livro “The Sound of Music and Plants” (RETALLACK, 1973), onde um grupo variado de plantas em ambiente controlado, foi submetido a diferentes estilos musicais. Como as plantas estavam todas posicionadas em alinhamento com a fonte sonora, o parâmetro medido foi o grau de inclinação dos caules, se aproximando ou se afastando dos alto-falantes. As músicas utilizadas foram, entre outras, J. S. Bach – música para órgão, Ravi Shankar “Sounds of Índia” e um pout-pourri de “Acid Rock” com músicas do grupo Led Zeppelin, Vanilla Fudge e Jimi Hendrix. Foi observada uma tendência na inclinação dos caules em função do estilo musical de cada tratamento (Fig. 6) (Tab. 12).



Câmara I - Reação positiva: Ravi Shankar e Bach Câmara II - Reação negativa: Acid Rock

Figura 6 - Diagrama da inclinação dos caules de plantas em ambiente sonorizado com música

A autora sugere que a inclinação contrária que as plantas apresentaram nas extremidades, se deve à reflexão sonora no fundo das câmaras de crescimento.

Tabela 12 – Comparação da resposta pela inclinação do caule de plantas em ambiente sonorizado com músicas de Bach, Rock e um controle sem som.

Ambiente sonoro	Contagem da inclinação dos caules								
	Inclinação em direção à fonte sonora				Vertical	Inclinação se afastando da fonte sonora			
Inclinação em Graus	45 - 60	30 - 45	15 - 30	1 - 15	0 - 1	1 - 15	15 - 30	30 - 45	45 - 60
Sem som	0	3	0	20	9	24	0	3	0
Bach	7	4	13	16	2	0	3	0	0
Rock	0	0	0	5	3	12	5	24	6

Foram também observadas diferenciações no desenvolvimento (Fig. 7) e na massa de matéria seca (Tab. 13).

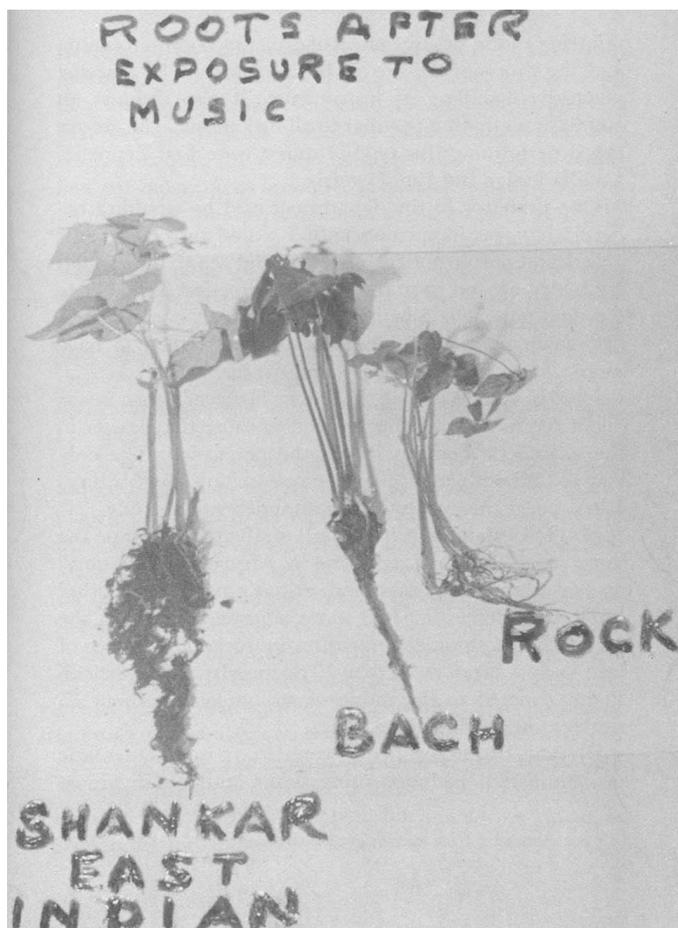


Figura 7 – Imagem de plantas expostas à música de Ravi Shankar, Bach e Rock

Tabela 13 – Comparação das médias de massa seca de raízes e caules/folhas de plantas em ambiente sonorizado com músicas de Bach, Rock e controle sem som.

Ambiente sonoro	Massa seca de raízes	Massa seca de caule/folha
Sem som	0,041	0,152
Bach	0,056	0,180
Rock	0,031	0,083

Este estudo causou um grande impacto na mídia norte-americana e mundial, pois sugeria que plantas tinham uma capacidade de responder à música de modo análogo ao ser humano. As plantas, segundo RETALLACK (1973), estariam expressando com a inclinação a favor ou contra a fonte sonora seu sentimento de agrado ou desagrado com os diversos gêneros musicais e que os resultados poderiam servir de parâmetros para se avaliar o efeito que estas músicas teriam sobre o ser humano. Se alguns utilizaram os resultados como munição contra cultura “Rock-Pop-Hippie” e as drogas, apontando o trabalho como prova científica dos malefícios da musica Pop, outros atacaram violentamente o estudo como sendo não-científico, com metodologia falha e sem amostragem estatística. A crítica mais comum foi: “planta não tem ouvidos!”.

3.2.7 Sonic Bloom

Dan Carlson (CARLSON, 1987) desenvolveu e patenteou um sistema denominado “Sonic Bloom” para melhorar o crescimento de plantas, onde combina uma aplicação de altas frequências com o objetivo de induzir uma maior abertura do estômato das folhas e propiciar a absorção de nutrientes foliares aplicados sobre as mesmas. Se, de um lado, não foram encontrados outros artigos em periódicos científicos que confirmem tal abertura do estômato como resposta ao estímulo sonoro, do outro lado, o autor apresenta em seu sítio na internet (www.sonicbloom.com) mais de 40 artigos e inúmeros relatos de aplicações bem sucedidas, como referências de sustentação ao seu trabalho.

3.2.8 Influência de diferentes sons audíveis no crescimento de feijão

Num trabalho desenvolvido na UNESP, Botucatu e apresentado na Reunião Anual da SBPC de 1990 em Porto Alegre-RS, plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), variedade carioquinha, cultivadas em temperatura ambiente, em bandejas contendo vermiculita como substrato, foram submetidas à uma hora diária de sonicação, com frequências de 230 Hz, 460 Hz, 690 Hz, 920, Hz, 1150 Hz e um controle sem som (SOUZA et al. 1990).

Em três períodos distintos, 10, 14 e 16 dias após o plantio, foram analisadas as seguintes variáveis: altura do hipocótilo, comprimento da raiz principal, número de raízes secundárias e massa fresca total (Tab. 14).

Tabela 14 – Valores obtidos das variáveis estudadas nos diversos tratamentos, para os três períodos (médias de três medidas).

	Tratamento	Altura do hipocótilo (cm)	Comprimento da raiz principal (cm)	N. de raízes secundárias	Massa verde (g)
T1- 10 dias	Controle	5,6	3,8	5,0	0,808
	230 Hz	4,8	5,6	8,3	0,809
	460 Hz	6,0	3,9	8,3	0,688
	690 Hz	5,8	4,9	8,6	0,824
	920 Hz	6,0	3,6	8,3	0,682
	1150 Hz	3,5	1,9	7,0	0,519
T2 – 14 dias	Controle	8,5	5,1	5,3	0,967
	230 Hz	6,3	3,0	8,6	0,949
	460 Hz	6,6	5,7	9,0	1,043
	690 Hz	7,6	2,9	7,0	1,077
	920 Hz	5,8	6,3	11,3	1,222
	1150 Hz	3,6	2,8	8,6	0,789
T3 – 16 dias	Controle	6,1	3,8	7,3	0,817
	230 Hz	4,5	4,0	7,3	0,813
	460 Hz	4,4	2,2	6,6	0,771
	690 Hz	7,0	1,9	5,3	0,829
	920 Hz	6,3	4,8	8,6	0,875
	1150 Hz	3,0	2,9	7,0	0,571

As principais conclusões dos autores foram que a frequência de 1150 Hz foi prejudicial ao crescimento das plantas e que as medidas do segundo período (14 dias) apresentaram valores maiores, curiosamente maiores que do terceiro período (16 dias).

Apesar de a análise ter sido feita em cima de um pequeno número de plantas, considerando-se a variabilidade natural do material biológico, este estudo mostrou que o elemento sonoro pode interferir negativamente no desenvolvimento vegetal.

Esta fase histórica da pesquisa sobre o efeito da VA e da música sobre organismos vegetais, como tentamos caracterizar acima, produziu um razoável conjunto de informações sobre o assunto. Mostrou que, de algum modo, o fenômeno existia, podia ser mensurado e tinha implicações significativas para o desenvolvimento vegetal. Explorou algumas das

principais formas de sonicação, utilizando tanto frequências simples na faixa audível e de ultra-som, como também música.

Entretanto, pelos resultados obtidos, não foi possível aos pesquisadores da época formular hipóteses que explicassem o fenômeno. Juntando-se, de um lado, uma tendência a conclusões precipitadas de alguns entusiastas e, do outro lado, o ceticismo que negava qualquer influência sutil sobre os processos biológicos (mesmo que este “sutil” fosse um fato físico da acústica!), isto conferiu a esta linha de pesquisa o status de, no mínimo, “duvidoso” e “pseudocientífico” por parte de boa parcela da academia. Somente com o desenvolvimento da biologia molecular e o surgimento do novo paradigma científico da complexidade foi possível entender o fenômeno de modo mais amplo e profundo. São a estes estudos que dedicaremos o próximo item.

3.3 Estudos recentes e a biologia molecular

A partir do ano 2000, uma nova onda de trabalhos surgiu investigando em detalhes os mecanismos de ação responsáveis pelos fenômenos observados até então. O encadeamento destes trabalhos tenta traçar a cadeia de reações que nasce na parede celular, com o impacto das ondas sonoras, até o núcleo da célula onde tem a chance de afetar a expressão de genes, conseqüentemente a síntese protéica e todo desenvolvimento vegetal. Outros trabalhos investigam de forma mais ampla a reação específica que cada tipo de planta tem aos parâmetros e qualidades do estímulo sonoro, musical e energético.

3.3.1 Estudo de quebra de dormência

Por ser a germinação de semente um ponto crítico no desenvolvimento de uma planta e sua ocorrência ter impacto diretamente na continuidade da espécie no ambiente natural e na produtividade agrícola e conseqüentemente de alimentos para o ser humano, muitos estudos têm sido feitos no sentido de aprofundar nosso conhecimento sobre este processo e buscar maneiras de garantir e aumentar sua ocorrência. Ao mesmo tempo, plantas são organismos multicelulares complexos, consideradas tão sensíveis quanto humanos para examinar os efeitos iniciais de um processo e testar novas terapias (CREATH & SCHWARTZ, 2004).

Num estudo onde fatores químicos e físicos foram sendo acrescentados gradativamente para quebrar a dormência e promover a germinação de sementes de *Echinacea angustifolia*, Chuanren et al. (2004) conseguiram diminuir o tempo médio de germinação (TMG) de 18 para 3,5 dias e aumentar a porcentagem de germinação de 6% para 96% (Tab 15).

Após encontrar os melhores parâmetros de escarificação, estratificação e concentrações de GA (ácido giberélico) e BA (6-benzylaminopurina) e com isso melhorar substancialmente a porcentagem e tempo médio de germinação, foi aplicada uma sonicação de 1000 Hz e 100 dB.

Tabela 15 - apresenta de forma esquemática a seqüência teste e seleção dos parâmetros:

Teste 1			Teste 2			Teste 3			Teste 4			
Escarificação	%	TMG	Estratificação (dias)	%	TMG	Concentração mg/L	%	TMG	Sonicação 1 kHz / 100 dB	%	TMG	
S/ tegumento	20	6,6	4 C° Luz	0	20	7,8	GA 0,1	78	3,7	Grupo 1	94	3,5
C/ tegumento	6	18		6	42	6,3	GA 0,3	90	4	Grupo 2	96	3,6
				12	64	5,5	GA 0,5	84	3,2	Grupo 2	96	3,5
				18	70	4,6	BA 0,1	76	3,6	Controle	90	4
				24	72	5,4	BA 0,3	86	3,4			
			4 C° Escuro	0	14	7,3	BA 0,5	84	3,1			
				6	18	7,3						
				12	24	9						
				18	26	8,3						
				24	24	7,5						

Os autores concluem que, apesar de terem elevado ao máximo as condições de germinações por métodos conhecidos, foi possível melhorar ainda mais usando a sonicação.

3.3.2 Germinação com música, ruído branco e energia curativa.

Creath & Schwartz (2004) estudaram a germinação de sementes de Hibiscus e Abobrinha, sob a ação de música e os controles, ruído branco e silêncio. A utilização do controle com ruído branco, já utilizado por Weinberger & Graefe (1973), é de especial interesse, pois sendo o ruído branco a combinação aleatória de todas as freqüências audíveis, é uma informação sonora altamente desorganizada, em contraponto com a música, uma informação complexa, mas altamente organizada. O resultado obtido foi um aumento significativo da taxa de germinação do grupo tratado com música, tanto em relação ao controle sem som quanto ao grupo exposto ao ruído branco (Fig. 8). Paralelamente os autores estudaram o efeito de energia curativa (Vortex Healing – VH), via imposição de mãos sobre a germinação. Neste caso também foi constatado um efeito similar ao da música com altos níveis de significância (Fig. 9 A).

Para a série de experimentos foram construídas câmaras de germinação idênticas, acusticamente isoladas, munidas com alto-falante e indicadores de temperatura e umidade. O

tratamento musical foi executado a partir de um CD com musica de Carlos Nakai e Paul Horn predominantemente para flauta indígena norte-americanana. As faixas de caráter essencialmente improvisado continham ainda sons naturais como canto de pássaros e ecos. Foi utilizado um fonoperíodo de 16 horas/dia e a contagem das sementes germinadas realizada a cada 12 horas.

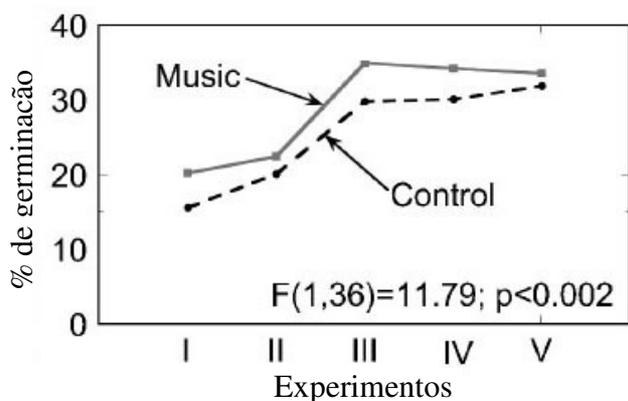


Figura 8 – Porcentagem de germinação do tratamento musical versus controle, para os experimentos I a V.

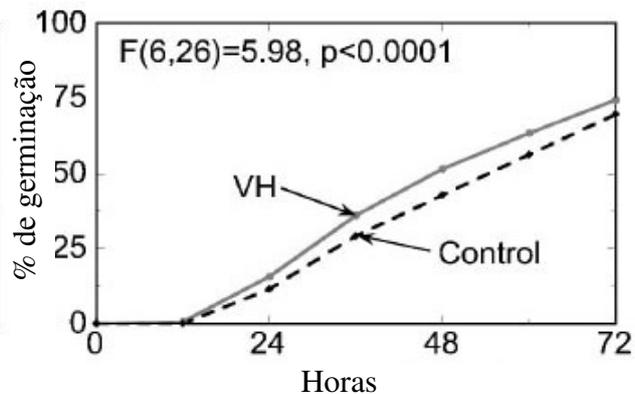


Figura 9A - Porcentagem média de sementes germinadas versus tempo para energia curativa (VH) e controle.

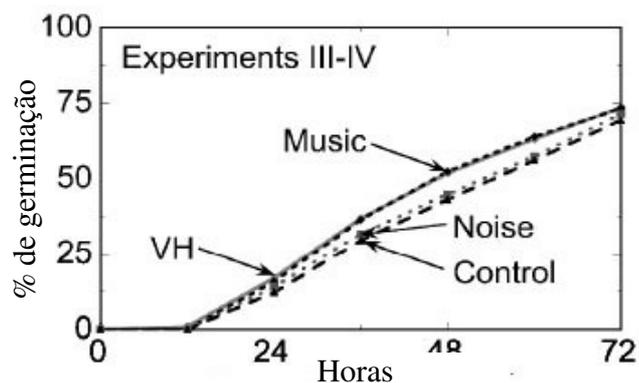


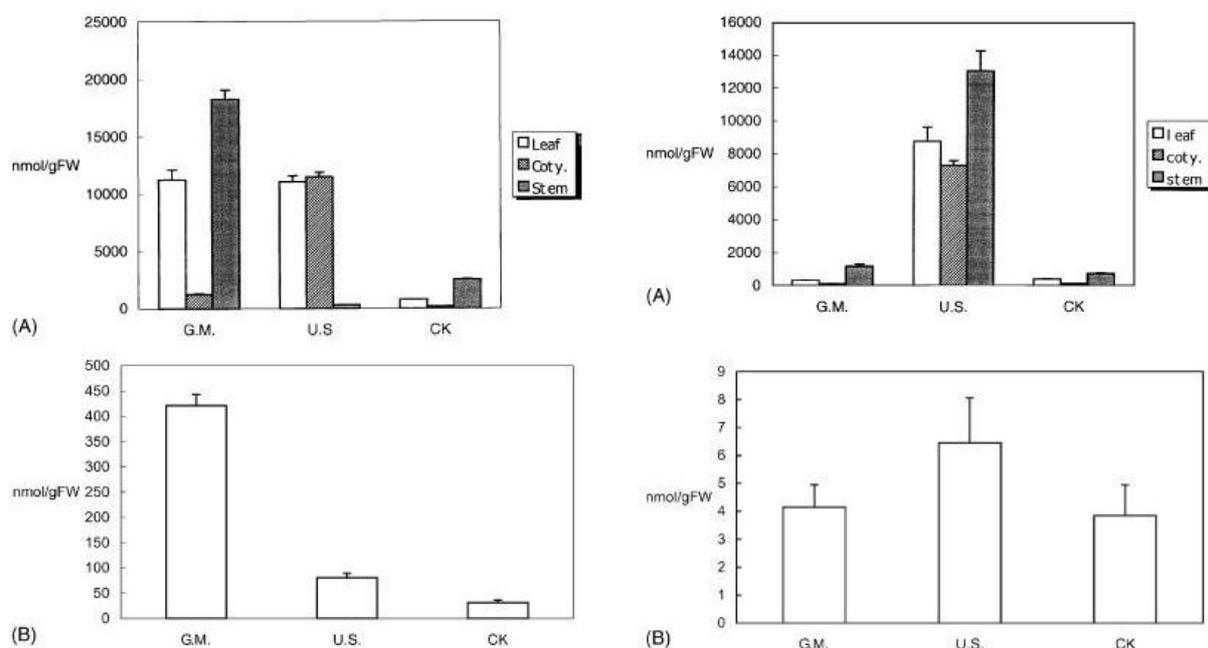
Figura 9 B – O mesmo que para figura A com a adição do tratamento musical e ruído.

Os autores sugerem que a atuação positiva da música em contraponto ao silêncio e ruído branco se deve à qualidade estruturada e intencional que a música tem, bem como ao seu movimento dinâmico, intercalando sons e silêncios, acelerando e retardando o tempo, variando sua intensidade. O ruído branco por sua vez, apesar do seu movimento granular e errático, soa como algo estático e monótono. Ao sobrepor a investigação sonora, ao estudo de energia curativa VH, os autores indicam uma analogia entre os dois processos (Fig. 9 B).

A metodologia de Creath & Schwartz (2004) para o estudo da germinação de sementes sob um estímulo sonoro, apresenta boa replicabilidade e foi utilizada em experimentos por Petraglia & Ferreira (2007).

3.3.3 Alterações fisiológicas e bioquímicas em plantas como resultado de estímulos sonoros

Repolho Chinês e pepinos foram expostos a dois tratamentos sônicos e um grupo controle sem som (QIN et al. 2003). Os tratamentos utilizados foram “Green Music” e uma onda senoidal de 20 kHz, ambos aplicados por três horas diárias, na intensidade de 75 dB. “Green Music” é um termo que engloba musica clássica suave (Allegrettos e Andantes do período barroco por exemplo) e sons de natureza como água correndo, farfalhar de folhas, canto de pássaros e sons de insetos. Foram medidos os níveis de poliaminas (PAs), especialmente putresina, spermidina, spermina, cadaverina, agmatina e diaminopropano. Poliaminas podem ser encontradas em qualquer planta e sua biossíntese e concentração aumentam rapidamente em tecidos em crescimento, são por isso um bom indicador bioquímico. Os resultados das amostras de 15 e 70 dias podem ser vistos na figura 10 abaixo:



Conteúdo de poliaminas (nmol/g massa fresca) em plântulas (A) com 15 dias e plantas maduras (B) com 70 dias de Repolho Chinês como resultado de diferentes tratamentos acústicos. Barras de erro representam o desvio padrão das médias do conteúdo de poliaminas.

Conteúdo de poliaminas (nmol/g massa fresca) em plântulas (A) com 15 dias e plantas maduras (B) com 70 dias de Pepinos como resultado de diferentes tratamentos acústicos. Barras de erro representam o desvio padrão das médias do conteúdo de poliaminas.

Figura 10 – Diferentes níveis de conteúdo de poliaminas medidos na folha, cotilédone e caule de Repolho Chinês e Pepinos sob a influência dos tratamentos acústicos: “green music” (GM), 20 kHz (U.S.) e controle sem som (CK).

Os resultados apresentados na Figura 10 indicam que tanto “green music” quanto a onda senoidal de 20kHz podem estimular estas hortaliças a secretar poliaminas. Observa-se também que o nível de PAs aos 15 dias foi substancialmente mais alto do que aos 70 dias

quando as plantas já estavam maduras. Estes resultados apontam para o fato de que as altas concentrações de PAs ocorrem na fase de crescimento rápido dos tecidos das mudas. É de especial interesse notar que plantas diferentes tenham reagido de forma diferente ao mesmo tratamento. Fica a pergunta: por que as plantas de pepino só responderam ao tratamento com 20 kHz e o repolho chinês respondeu a ambos os tratamentos, mas de forma bem mais acentuada à “green music”?

3.3.4 Efeitos biológicos de um campo sonoro sobre sementes de arroz

Bochu et al. (2003) estudaram o efeito cruzado de frequências e intensidades no desenvolvimento de arroz. Após 12 horas de imersão, sementes de arroz foram sonicadas por dois dias, duas vezes ao dia, por 30 minutos cada vez e em seguida cultivadas à temperatura de 25°C por mais 5 dias.

Tabela 16 – Efeitos biológicos de intensidades de um campo sonoro sobre o arroz.

Frequência de 400 Hz	Intensidade do campo sonoro				
	Controle	96 dB	101 dB	106 dB	111 dB
Taxa de germinação (sementes/dia)	48,4 +-0,04	48,2 +- 0,03	48,5 +- 0,04*	48,6 +-0,05*	48,3 +- 0,03
Aumento de massa fresca (%)		0,85 +- 0,03	1,28 +- 0,04*	1,151 +- 0,05*	1,34 +- 0,03
Altura das plantas (cm)	27,5 +-1,4	29,8 +- 1,3	30,3 +- 1,5	32,2 +- 1,5**	31,5 +- 1,4
Número de raízes	4,6 +- 0,7	4,4 +- 0,6	4,6 +- 0,9*	5,1 +- 0,7**	4,5 +-0,7
Comprimento total das raízes (cm)	5,97 +- 0,87	6,13 +- 0,85	6,75 +- 0,92**	7,81 +- 1,29**	7,06 +- 0,95*
Atividade de TTC (mg/gMF)	1,025 +- 0,08	1,125 +- 0,13	1,183 +- 0,11	1,264 +- 0,05**	1,218 +- 0,11*
Penetrabilidade da membrana celular	70,46 +- 2,13	71,32 +- 1,98	65,23 +- 2,84*	61,26 +- 2,33**	63,18 +- 1,63

*p < 0,05, **p < 0,01 .

Tabela 17 – Efeitos biológicos de um campo sonoro de diferentes frequências sobre o arroz.

Intensidade de 106 dB	Frequências do campo sonoro				
	Controle	200 Hz	400 Hz	1 kHz	4 kHz
Taxa de germinação (sementes/dia)	48,4 +-0,03	48,6 +- 0,05	48,5 +- 0,04*	48,3 +-0,05*	48,6 +- 0,04
Aumento de massa fresca (%)		1,13 +- 0,04	1,52 +- 0,05*	1,07 +- 0,03*	-0,23 +- 0,02
Altura das plantas (cm)	33,7 +-1,3	35,2 +- 1,8	38,4 +- 2,3**	36,5 +- 1,8*	32,1 +- 1,2
Número de raízes	4,8 +- 0,8	5,3 +- 0,9*	5,8 +- 1,0**	5,4 +- 0,9*	4,3 +-0,6
Comprimento total das raízes (cm)	6,45 +- 1,12	7,32 +- 0,92	8,04 +- 1,15**	7,55 +- 0,93**	6,22 +- 1,02*
Atividade de TTC (mg/gMF)	1,077 +- 0,068	1,193 +- 0,105*	1,252 +- 0,032**	1,201 +- 0,078	1,094 +- 0,097
Penetrabilidade da membrana celular	69,21 +- 2,42	64,05 +- 2,12**	62,59 +- 1,83**	67,28 +- 2,35*	70,57 +- 2,25

*p < 0,05, **p < 0,01 .

Dos dados obtidos (Tab.16) (Tab.17) se conclui que a sonicação com 400 Hz na intensidade de 106 dB foi positiva para o desenvolvimento do arroz, uma vez que aumentou a taxa de germinação, a massa de matéria fresca, a altura da planta, o número de raízes, o comprimento total das raízes, atividade da enzima TTC na raiz e diminuiu a penetrabilidade da membrana deixando a planta mais resistente.

Os autores apontam três fatores que podem explicar estes resultados: 1) o campo sonoro influenciou o ciclo celular acelerando sua reprodução. 2) o campo sonoro transferiu energia para as células e impulsionou o fluxo de nutrientes. 3) ele também afetou a estrutura e funções da membrana aumentando o metabolismo celular.

3.3.5 A influencia de ondas sonoras na microestrutura da membrana de células de raiz de *Chrysanthemum*

Segundo Yi et al. (2003b), a membrana celular (ou plasmalema como os autores a chamam) é a interface entre o meio externo e interno da célula vegetal, sendo por isso, seu estado determinante para a regulação e transdução de sinal até o núcleo e conseqüente expressão gênica. Reconhecendo que a planta e o meio ambiente são interdependentes e que fatores ambientais podem marcadamente influenciar o desenvolvimento vegetal, os autores investigaram o efeito de estímulos sonoros na camada lipídica e na estrutura secundária das proteínas de membrana a fim de compreender seus mecanismos de ação.

Plasmalema é a camada mais exterior da membrana celular que pode primeiramente perceber os estímulos do meio ambiente. Estudos têm demonstrado que a fluidez da camada de lipídios é sensível a fatores ambientais. Encontramos na literatura estudos que mostram que a fluidez da membrana, sensível às variações na temperatura ambiental, por exemplo influenciou a expressão do gene *des A* (VIGH, 1993). Portanto uma alteração no estado da estrutura física dos lipídios, por meio de ações externas, pode alterar a estrutura e funções das substâncias relacionadas à transdução de sinais, que passam do meio externo para o meio intracelular. Para investigar o que ocorre neste primeiro contato do impulso sonoro com a membrana externa da célula vegetal, foi realizado o seguinte experimento:

Caules de *Chrysanthemum* foram cultivados e submetidos à sonicação com 1kHz, a 100 dB, por 3, 6, 9, 12, e 15 dias, uma hora por dia. Foi medida a polarização de fluorescência de DPH e a intensidade de fluorescência da Merocyanine 540 (MC540). Estas sondas, conforme o grau em que se ligam à membrana pode revelar o estado da fluidez da camada de lipídios. No caso de DPH, quanto maior a polarização, menor a fluidez. No caso de MC540, quanto mais “frouxas” estão as cabeças dos fosfolipídios mais a sonda consegue penetrar e

maior é sua fluorescência. Sendo assim MC540 consegue revelar o grau de compactação da camada lipídica. Os resultados obtidos podem ser vistos nas figuras 11 e 12 abaixo.

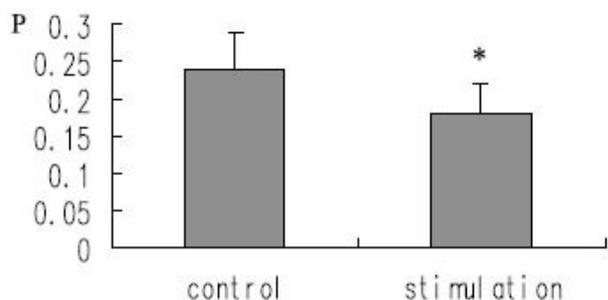


Figura 11 – Efeito da estimulação sonora na polarização de DPH inserido

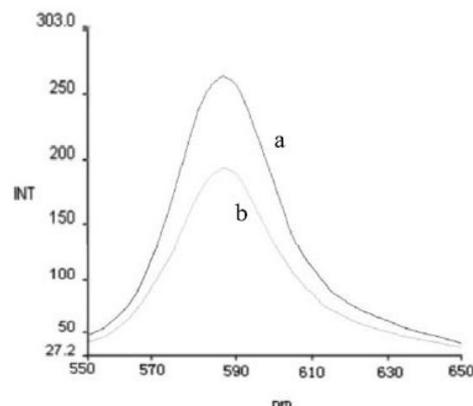


Figura 12 – Efeito da estimulação sonora na intensidade de fluorescência de MC540 inserido na membrana.
a) Estimulado b) Controle

Os resultados mostram que a polarização de fluorescência baixou sob a ação do som, indicando uma maior fluidez da membrana. Pela sonda MC540 constatou-se também que foi reduzida a compactação do empacotamento dos fosfolipídios.

No mesmo trabalho foi estudada a estrutura secundária das proteínas de membrana por meio de análise de espectro de infravermelho, onde se constatou que as folhas β de Amida II, foram grandemente influenciadas pela estimulação sonora.

Fica evidente pelos resultados apresentados que o estímulo sonoro afetou a estrutura da membrana celular como um todo e alterando a conformação de suas proteínas afetou sua própria funcionalidade. Pode estar implícito neste fenômeno, que alterações no desenvolvimento vegetal possam estar relacionadas a alterações da estrutura da membrana em decorrência de um estímulo sonoro.

Todavia, tratando-se da permeabilidade da membrana Yang et al. (2002) e Bochu et al. (2003) relataram em seus experimentos com *Actinidia chinensis* e arroz respectivamente, que certos estímulos sonoros, encontrados como ideais para o desenvolvimento das respectivas plantas, provocaram uma redução da penetrabilidade da membrana. Estes autores argumentam que esta redução pode deixar a planta mais resistente às substâncias prejudiciais e a um ambiente hostil.

3.3.6 Estímulo de ondas sonoras aciona alteração nos níveis de hormônios endógenos em um callus de *Chrysanthemum*

Bochu et al. (2004) constatou a influência de 1.4 kHz a 95 dB sobre o crescimento e níveis dos fitohormônios IAA (ácido indolacético) e ABA (ácido abscísico) em callus de *Chrysanthemum*. Para avaliação do crescimento do callus foi usado o SFI (shoot forming index / índice de formação de brotos) e a análise dos níveis de IAA e ABA feitos pelo ELISA kit. Os resultados apresentam um aumento de 28% no SFI (Fig. 13), bem como níveis 20,2% maiores de IAA (Fig. 14) e 49,2% mais baixos de ABA (Fig. 15) no grupo sonificado.

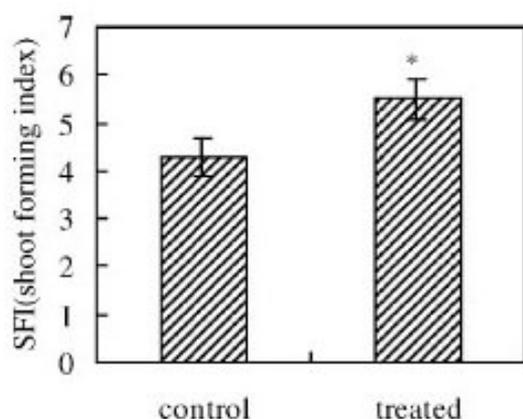


Figura 13 – Medidas do SFI em callus maduro de *Chrysanthemum* como resposta a 20 dias de sonicação com 1,4 kHz a 95 dB.

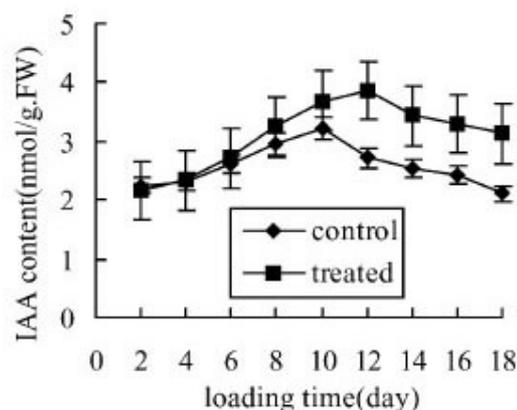


Figura 14 – Evolução dos níveis de IAA em callus maduro de *Chrysanthemum* ao longo do tempo, como resposta à sonicação com 1,4 kHz a 95 dB.

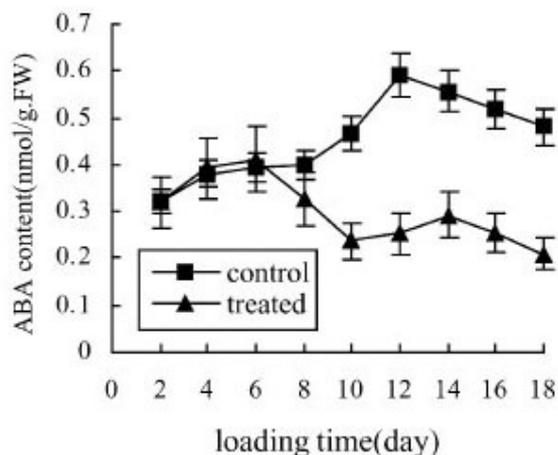


Figura 15 – Evolução dos níveis de ABA em callus maduro de *Chrysanthemum* ao longo do tempo, como resposta à sonicação com 1,4 kHz a 95 dB.

Auxinas como IAA estimulam processos fundamentais como alongamento e divisão celular, enquanto o hormônio ABA pode atuar como inibidor destas mesmas funções. Ao encontrarem uma correlação entre os níveis de IAA e ABA e o crescimento do callus, os autores sugerem que o tratamento sonoro de algum modo afetou a síntese dos mesmos.

Encontramos em Yang (2002) uma observação complementar referente a este aumento do nível de IAA. Em um experimento aplicando frequências de 1 Hz, a 5 Hz (portanto sub sônicas) em *Actinidia chinensis* callus, foi observada diminuição da atividade da enzima IAA Oxidase quando a aplicação foi de 3 Hz (Fig. 16). Sendo IAA Oxidase responsável pela degradação do hormônio, a diminuição da sua atividade é um fator que pode contribuir para o aumento do nível de IAA e conseqüentemente promover o crescimento e divisão celular no organismo em questão.

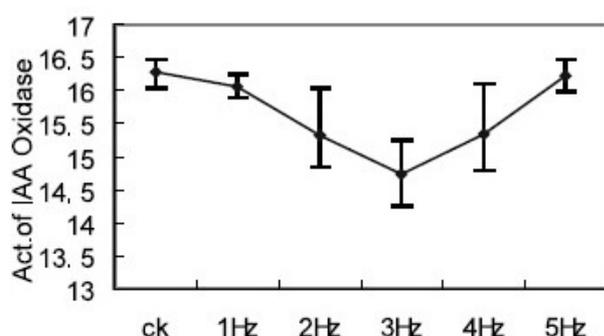


Figura 16 – O efeito na atividade de IAA oxidase sob a ação de frequências de vibrações mecânicas.

Como no experimento de Yang (2002), dentre as cinco frequências estudadas observou-se a máxima redução na região dos 3 Hz, cabe aqui perguntar se haveria uma correspondência aproximada de oitavas entre as frequências de 1,4 kHz (promotora do nível de IAA no trabalho de Bochu et al., 2004) e 3 Hz que indicasse um efeito em ondas de escala, ou seja uma correspondência do efeito de um mesmo tom distante em várias oitavas. Em termos exatos a relação de oitava neste caso se daria entre 2,734 Hz e 1,4 kHz ($2,734 \times 2^9$). Como na maioria dos experimentos que utilizam frequências simples nos tratamentos, os valores são escolhidos de modo arredondado e muitas vezes de maneira arbitrária, nos sentimos autorizados a levantar esta questão. Se encontrássemos evidências desta correspondência de oitavas, um aspecto importante da relação que se estabelece entre um fenômeno acústico e um processo biológico seria esclarecido (voltaremos a esta questão quando abordarmos a “hipótese da regulação epigenética por ressonância” na seção 3.4).

3.3.7 Efeito de um estímulo sonoro sobre a atividade de H⁺-ATPase

Na mesma linha de pesquisa Yi et al. (2003a) analisaram o desenvolvimento de raízes, o nível de proteínas solúveis nas mesmas e atividade de H⁺-ATPase de membrana, em *Chrysanthemum* (*Gerbera jamesonii*). Com uma sonicação de 1000 Hz, a 100 dB, 60 minutos por dia, durante 3, 6, 9, 12 e 15 dias, obtiveram os seguintes resultados:

Também aqui, foi observado que a resposta ao estímulo sonoro após atingir um pico (em T9) decresceu com a continuidade do tratamento (Fig.17). Isso pode denotar um processo de saturação do sistema quando a intensidade ou duração do estímulo ultrapassa certo limiar.

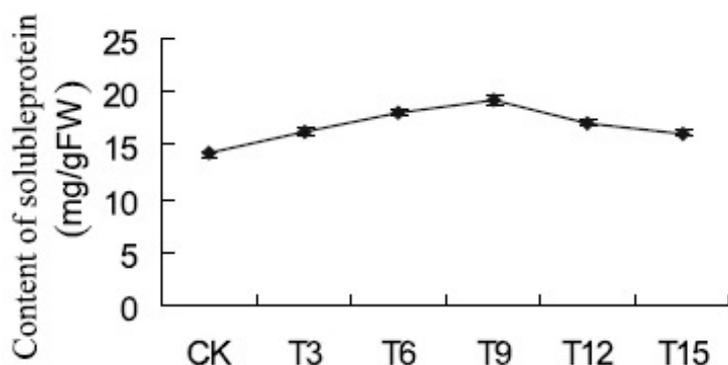


Figura 17 - Efeito da estimulação sonora no conteúdo de proteínas solúveis. Tempo em dias.

O aumento da quantidade de proteínas solúveis, estimulado pela sonicação é importante para a divisão e crescimento celular, como refletem os resultados (Tab. 18) obtidos na análise do desenvolvimento das raízes.

Tabela 18 – Efeito da estimulação sonora no crescimento de raízes de *Chrysanthemum*.

	Massa fresca de raízes (g)	Comprimento de raízes	Número de raízes	Atividade de TTCH mg/gMF
Controle	1,35 +- 0,04	48,77 +- 1,12	10	12,6 +- 0,8
Estimulado (T9)	1,64 +- 0,06	63,55 +- 1,08	9	18,2 +- 0,7

Uma das importantes características da H⁺-ATPase de membrana é que ela funciona como um alvo para a regulação celular, sendo afetada por luz, hormônios vegetais, toxinas de fungos e outros fatores ambientais. Pode ser dito que H⁺-ATPase desempenha um papel importante como sensor para o meio ambiente. Neste experimento a atividade medida de H⁺-ATPase foi 18,3% maior no tratamento sonoro.

O conjunto destes dados mostra uma coerência no encadeamento dos acontecimentos que se pode sumarizar no esquema da figura 18.

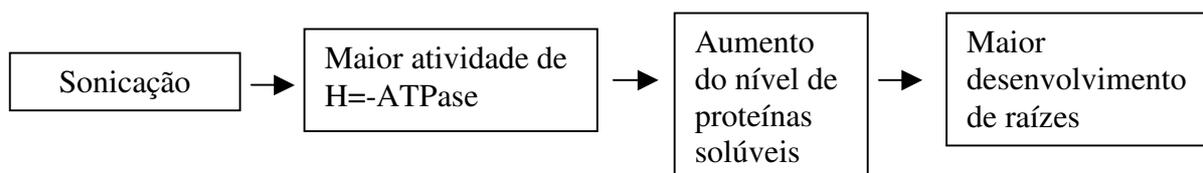


Figura 18 – Encadeamento do efeito da sonicação em raízes de *Chrysanthemum*.

Para o presente estudo, é também significativo neste trabalho, a observação de que a variável “tempo de aplicação” tenha demonstrado um “ponto ideal”, mostrando que não somente uma frequência e intensidade específica, mas também a duração da aplicação, é determinante para a resposta do organismo.

Resultados similares foram relatados por Zhao et al. (2003) quando submeteu *Dendranthema morifolium* Callus, também a 1000 Hz e 100 dB (Fig. 19) (Fig. 20).

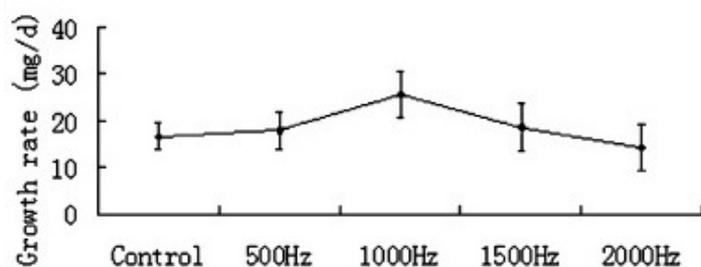


Figura 19 – Efeito da sonicação com 100 dB em diferentes frequências, no crescimento de um callus de *D. morifolium*.

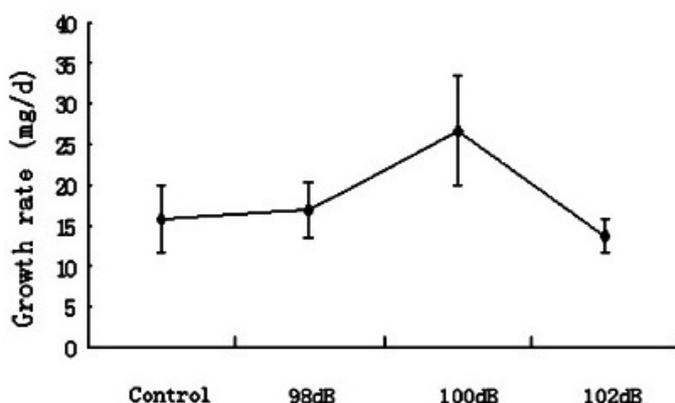


Figura 20 – Efeito da sonicação com 1000 Hz em diferentes intensidades no crescimento de um callus de *D. morifolium*.

No caso, além do aumento do crescimento foi constatado o aumento dos conteúdos de proteínas solúveis e açúcares. (Fig. 21) (Fig. 22).

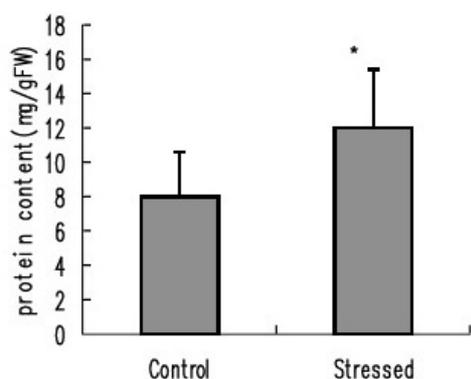


Figura 21 - Efeito da estimulação sonora no crescimento conteúdo de proteínas de um callus de *D. morifolium*.

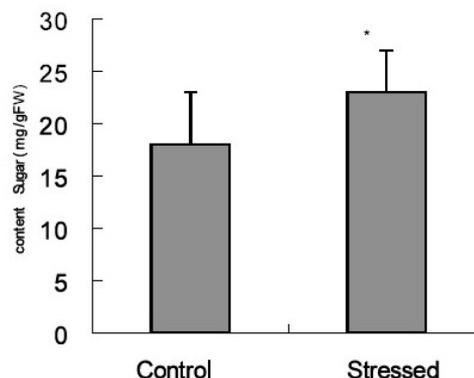


Figura 22 - Efeito da estimulação sonora no crescimento conteúdo de açúcares de um callus de *D. morifolium*.

3.3.8 Resposta de um gene vegetal a um sinal específico de frequência sonora

Jeong et al. (2007) identificou em plantas de arroz um grupo de genes que respondem a um estímulo sonoro. Tanto na luz quanto no escuro foi possível regular a expressão dos genes *rbcS* e *ald*. Ambos são também genes que respondem à luz e por isso os autores sugerem que som pode ser uma alternativa para a regulação destes genes. A expressão de *ald* teve aumento significativo com um estímulo de 125 Hz ou 250 Hz (Fig. 23) e diminuiu significativamente no tratamento com 50 Hz, indicando uma resposta específica à frequência.

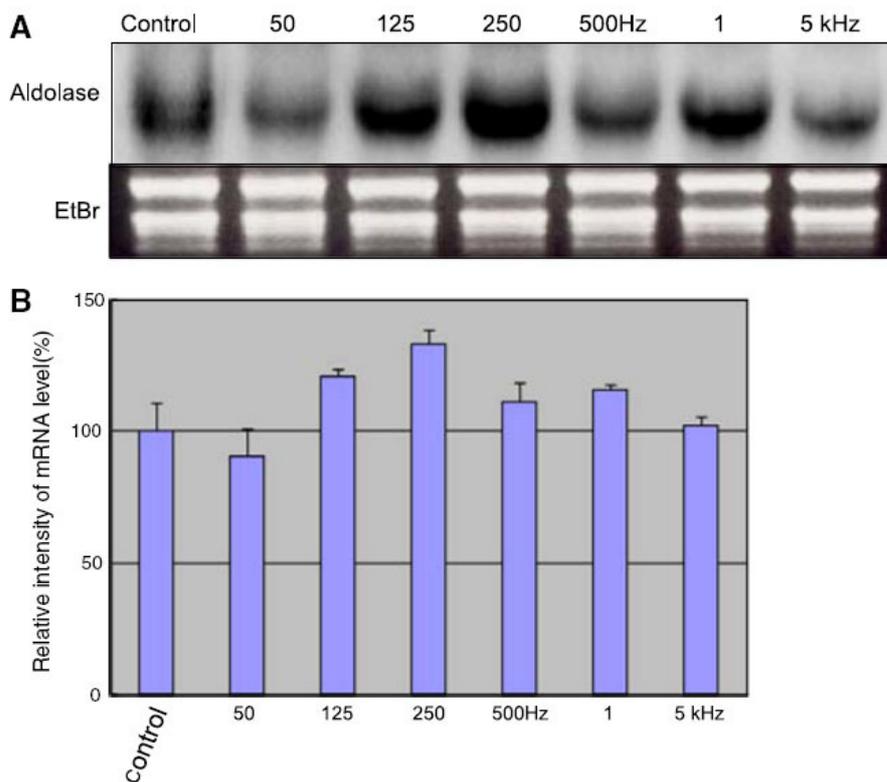


Figura 23 – Análise da expressão de *ald* em plantas de arroz, tratadas por 4 horas com as frequências indicadas.

Chama a atenção que as quatro frequências que aumentaram a expressão do gene da aldolase são todas 8^{vas} entre si, contribuindo para hipótese de uma resposta que obedece à ressonância em escalas.

A análise temporal da resposta do estímulo de 250 Hz, mostra também uma curva onde o ponto máximo de expressão se encontra com 1 hora. Em seguida a expressão declina (Fig. 24).

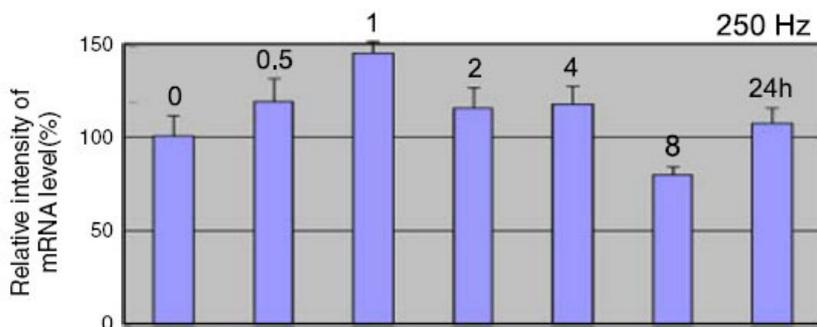


Figura 24 – Análise temporal da expressão de ald mRNA induzida por frequência específica em plantas de arroz.

Finalizando esta seção com o trabalho Jeong et al. (2007) quer-se demonstrar que processo vibratório, que atinge o organismo vegetal como um todo, altera, como se vê, as

propriedades da membrana, afeta a transdução de sinal ao longo das redes metabólicas da célula e chega até seu alvo final: a expressão gênica. Fica entretanto em aberta a questão da especificidade da resposta às várias frequências, bem como sua modulação pelos parâmetros temporais e de intensidade. A compreensão do fenômeno da resposta específica aos estímulos musicais e à informação neles contida, também ainda escapa aos mecanismos de ação observados até o momento.

3.4 A hipótese da regulação epigenética por ressonância de Joel Sternheimer

Por se tratar de uma hipótese abrangente, de fato a única até o momento, que tenta formular uma lei geral para o fenômeno da atuação do som e música sobre um organismo, não só vegetal, mas qualquer organismo biológico, é pertinente dedicar ao trabalho do físico Joel Sternheimer um item à parte.

Em entrevista a Coghlan (1994), ele afirma ter desenvolvido um "Método de Regulação Epigenética" capaz de estimular ou inibir a síntese de proteínas através da emissão de seqüências de frequências acústicas (as Proteodes - "melodias protéicas" como ele as chama) e assim atuar sobre o fenótipo de uma planta ou outro ser vivo.

A partir de estudos de física teórica, Sternheimer (1984) elaborou primeiramente um "Método de Modelagem Musical de Partículas Elementares". Segundo o autor, partículas elementares possuem propriedades análogas às relações musicais, onde a ressonância tem um importante papel entre as escalas e dimensões onde estes fenômenos acontecem. O autor afirma que ondas quânticas, de existência física, associadas às partículas, se propagam não somente no tempo e espaço, mas também em diferentes dimensões, assim conectando diferentes níveis da organização da matéria. Estas ondas permitem que ocorra a ação de um nível escalar sobre outro, entre fenômenos que sejam suficientemente similares para serem entendidos, em um sentido matemático bem definido, como harmônicos de um mesmo tom fundamental. A ressonância entre estes diferentes níveis de organização da matéria aparenta ser um fenômeno universal e Sternheimer (2002) propõem demonstrar isso através do processo de biossíntese.

O alongamento da cadeia peptídica resulta da adição de aminoácidos que foram trazidos para o ribossomo pelos RNAs transportadores (tRNA). Quando um aminoácido, originalmente em estado livre, vem a se conectar com um tRNA, ele é estabilizado em relação a sua agitação térmica, ainda que mantenha alguma liberdade, pois está conectado ao tRNA por apenas uma ligação no seu grupo carboxila. Neste estado, ainda segundo Sternheimer (2002), a estabilização dá ao aminoácido propriedades de onda e sua frequência está diretamente relacionada ao seu peso molecular. Assim, os 20 aminoácidos que compõem as

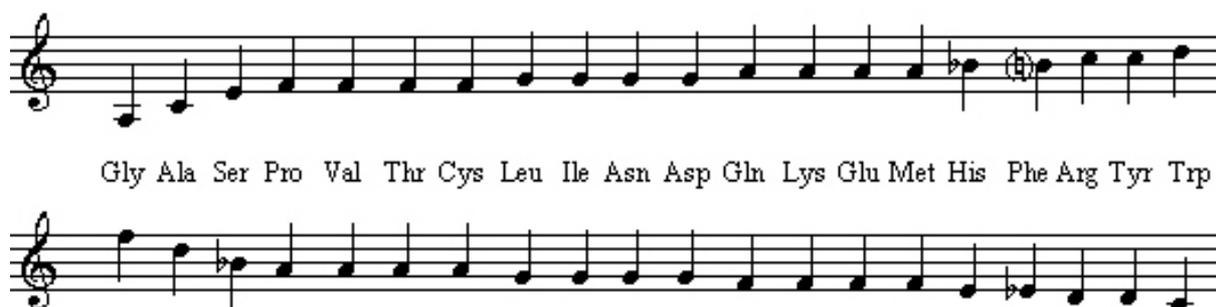
cadeias peptídicas podem ser ordenados segundo seus pesos moleculares e sua proporcionalidade ser transposta em frequências. Deste modo é obtida uma escala universal de tons que correspondem às propriedades ondulatórias dos 20 aminoácidos. Originalmente, segundo Sternheimer, estas vibrações quânticas situam-se 76 oitavas acima da nossa faixa audível, mas, como citado anteriormente, podem ser conectadas graças ao fenômeno da ressonância entre escalas (entenda-se aqui ressonância entre oitavas).

Dessa forma, a estrutura primária de uma proteína pode ser transcrita em frequências, onde a cada aminoácido corresponde um determinado tom. Sternheimer (2002) define a frequência da Glicina como sendo um Lá 220 Hz. A partir deste Lá e das relações intervalares musicais deduzidas dos pesos moleculares dos aminoácidos (e com certa dose de aproximações), Sternheimer propõem a seguinte seqüência (Fig. 25) onde vemos as correspondências entre os aminoácidos e os tons da escala convencionalmente utilizada na música do ocidente (temperada por igual batimento*)

*Na escala temperada por igual batimento a oitava ($f_2 = 2f_1$) é por definição dividida em 12 semitons de igual distancia tonal, que podem ser matematicamente expressos pela fórmula

$$f_{n+1} = f_n \sqrt[12]{2}$$

Série original (estimuladora)



Série espelhada (inibidora)

Figura 25 – Transcrição tonal aproximada do conjunto de aminoácidos, a partir das relações proporcionais de seus pesos moleculares.

Sternheimer (2002) propõe que esta série original atue por ressonância estimulando a síntese da respectiva proteína ou enzima. Espelhando-se esta seqüência vibratória a partir do seu ponto médio, obtêm-se valores que induziriam uma inibição da mesma síntese.

Abaixo se vê alguns exemplos da aplicação deste método (Fig. 26) (Fig. 27) (Fig. 28):

Cytochrome oxydase

Dernière protéine de la chaîne respiratoire humaine Début de la sous-unité 3 mitochondriale



M T H Q S H A Y H M V K P S P W P L T G A L S A L L

M T S G L A M W F H F H S M T L L M L G L L T N T L T M Y Q W W

R D V T R E S T Y Q G H H T P P V Q K G

Detailed description: This figure shows a musical score for the protein sequence of Cytochrome oxydase. The score is written on a single treble clef staff in 4/8 time. The melody is composed of eighth and sixteenth notes, with some slurs. The protein sequence is written in all caps below the staff, with spaces between letters. The sequence is: M T H Q S H A Y H M V K P S P W P L T G A L S A L L (first line), M T S G L A M W F H F H S M T L L M L G L L T N T L T M Y Q W W (second line), and R D V T R E S T Y Q G H H T P P V Q K G (third line).

Figura 26 – Trecho da proteode da enzima citocromo oxidase.

"Heat shock" hsp27 et hsp70

Protéines humaines synthétisées sous l'effet de la chaleur Début



M T E R R V P F S L L R G P S W
M A K A A A V G I D L G T T Y S

Detailed description: This figure shows a musical score for the protein sequence of heat shock proteins hsp27 and hsp70. The score is written on a single treble clef staff in 4/8 time. The melody is composed of eighth and sixteenth notes, with some slurs. The protein sequence is written in all caps below the staff, with spaces between letters. The sequence is: M T E R R V P F S L L R G P S W (top line) and M A K A A A V G I D L G T T Y S (bottom line).

Figura 27 – Trecho das proteodes das proteínas hsp27 e hps70 de choque térmico.

Histone IV

Protéine de la chromatine humaine Séquence complète

S G R G K G G K G L G K G G A K R H R K V L R D N I Q G

I T K P A I R R L A R R G G V K R I S G L I Y E E T R G

V L K V F L E N V I R D A V T Y T E H A K

R K T V T A M D V V Y A L K R Q G R T L Y _ G F G G

Figura 28 – Proteode da proteína histoina IV. Seqüência completa.

No processo de patente do método (STERNHEIMER, 2002), é descrita a forma como os valores temporais e timbrísticos são ajustados.

Tanto quanto se pode entender, uma boa dose de decisões estético-musicais devem ser tomadas para se chegar à forma final da seqüência sonora de uma proteína específica. Como relatado por Bony (1997), para Sternheimer a “Proteode” requer a sensibilidade humana para tornar-se de fato musical e ser efetiva como estímulo da biossíntese. Para Sternheimer (2001) não se trata de uma ação mecânica vibratória agindo sobre o organismo, mas sim de uma mensagem (informação) comunicada entre níveis (escalas) diferentes de organização da matéria, sendo neste sentido a música uma linguagem universal no mais amplo sentido do termo.

Sternheimer realizou diversos experimentos para testar sua hipótese, todos com aparente sucesso. Relata-se aqui, como exemplo, o experimento feito em campo, numa horta na região de Ariège, França em 1993 (STERNHEIMER et al. 1993).

Nesse experimento, 40 plantas de tomates, divididas em dois grupos (controle e musical), foram cultivadas em canteiros distantes, mas dentro da mesma área. O grupo musical recebeu nos primeiros 60 dias, de um toca-fitas K7 em um ponto fixo da horta, as transcrições sonoras das proteínas Thaumatina I (sabor), Cytochrome C (metabolismo

energético) e Extensinas (crescimento). Após este período foram acrescentadas LAT52 (floração), TAS14 (resistência à seca) e um inibidor do vírus “mosaïque” do tomate. Neste último período a fonte sonora foi colocada aleatoriamente em pontos diferentes a cada execução. O tempo de execução das “melodias protéicas” foi de aproximadamente 3 minutos por dia. Os resultados constam nas tabelas 19 e 20 abaixo:

Tabela 19 – Contagem de tomates das plantas plantados em 21 de Maio 1993. Situação em 14 de Julho 1993. Fonte sonora fixa.

	Controle					Musical					
	Altura	N. de tomates		Flores	entre nós	Altura	N. de tomates		Flores	entre nós	
	cm	<2cm	>2cm			cm	<2cm	>2cm			
Médias	103	7.9	3.35	16.6	12.7	123	9.0	7.50	18.3	14.3	
Erro	±8	±2.6	±1.39	±3.8	±1.2	±13	±2.6	±2.94	±5.3	±2.2	
						A	131	9.6	9.50	19.9	14.7
							±8	±1.7	±2.42	±6.0	±2.0
						B	115	8.3	5.50	16.6	13.8
							±11	±3.1	±1.86	±3.8	±2.1

A) 10 plantas mais próximas da fonte sonora

B) 10 plantas mais distantes da fonte sonora

Tabela 20 - Situação em 4 de Agosto de 1993. Fonte sonora variável

	Controle		Musical	
	N. de tomates no pé	Flores	Nb tomates no pé	Flores
Total	219	157	399	399
Média / erro	11.0±2.5	7.9±4.5	20.0±6.2	20.0±8.2

Doorne & Chappuis (2002) replicaram em estufas o experimento de Sternheimer usando apenas quatro proteínas: extensinas, desidrinas, citocromo e taumatina. A sonorização foi feita uma vez por dia e o tratamento musical recebeu somente metade da água que o grupo controle. Os autores, entretanto, não especificam a quantidade da água utilizada e fica-se com a pergunta se o volume de água fornecida ao tratamento já não seria suficiente para o cultivo das plantas, mesmo sendo a metade do que recebeu o grupo controle.

O resultado mostrou que o grupo musical teve o mesmo grau de desenvolvimento que o grupo controle (Fig. 29), constatado pelo número de internódulos, mas com plantas mais longas (Fig. 30), provavelmente pelo alongamento e não pela divisão das células.

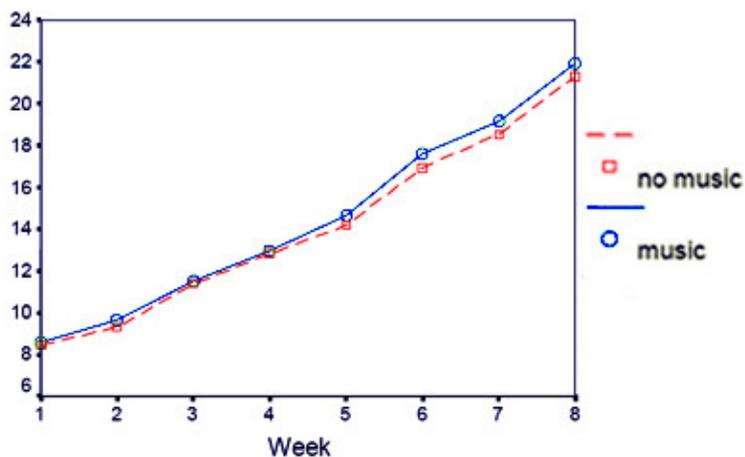


Figura 29 – Número de internódulos em cultura de tomates

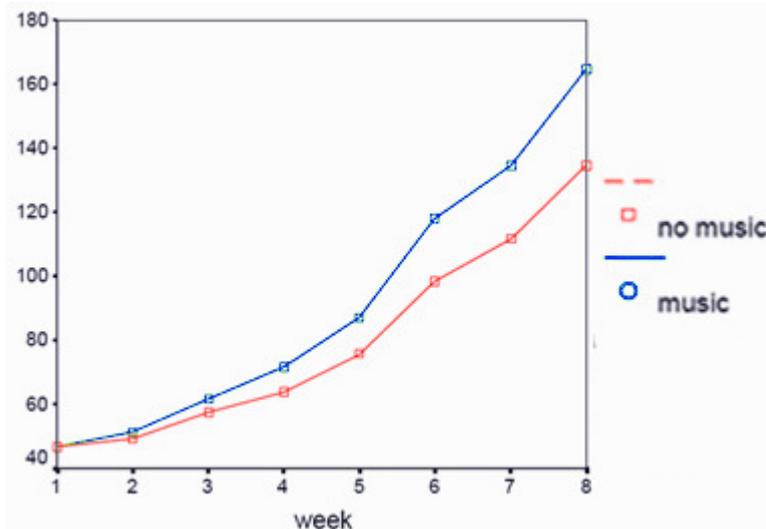


Figura 30 – Alongamento das plantas em cultura de tomates (cm).

Ferrandiz (2006) testou o mesmo método em um experimento de panificação. Utilizou a Proteode estimuladora da enzima ADH (Álcool Dehydrogenase). ADH é responsável pela transformação de açúcares em etanol liberando CO₂ na fermentação. No caso da panificação, este processo resulta no crescimento da massa e o estímulo sonoro teve como efeito pães maiores (Fig. 31). A atividade de ADH também reduziu a acidez dos pães (Fig. 32)

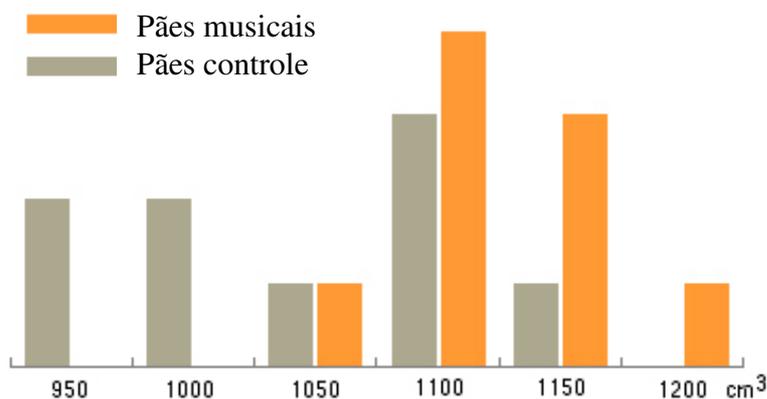


Figura 31 – Distribuição dos pães segundo seu volume

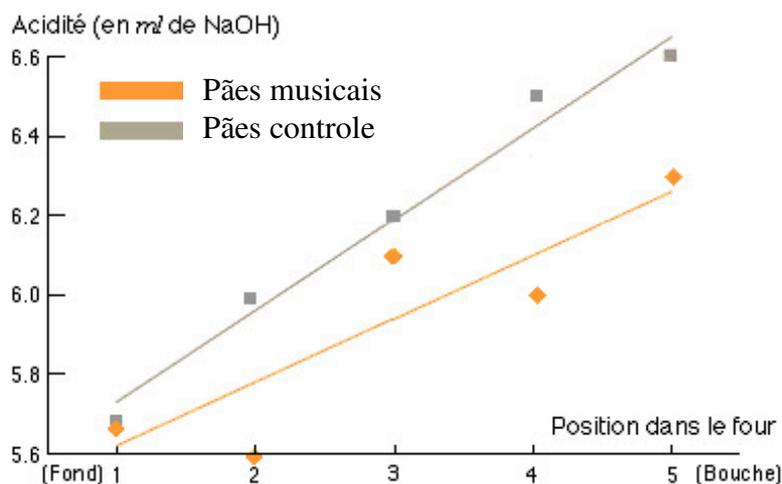


Figura 32 – Valores de acidez total

A hipótese da “Regulação Epigenética por Ressonância” parece ser sem dúvida atraente, uma vez que propõe uma lei universal conectando estruturas vibratórias acústicas com a expressão molecular de proteínas e assim afetando o fenótipo de um organismo. Nossa maior dificuldade, entretanto, foi encontrar mais experimentos que comprovassem suas reivindicações e uma maior clareza na descrição metodológica. Acreditamos que esta falta de clareza se deve em grande parte por sua metodologia estar descrita apenas no processo de patente do método e não em artigos científicos visando a replicabilidade e validação.

3.5 Considerações sobre o uso de ultra-sons

Nesta revisão de literatura, foram apresentados principalmente os trabalhos que utilizaram frequências simples, ou conjunto de frequências, na faixa audível (Fig. 32), entre 20 Hz e 20.000 Hz, pois é nesta faixa que o ser humano vivencia o elemento sonoro e opera sua linguagem oral e musical.

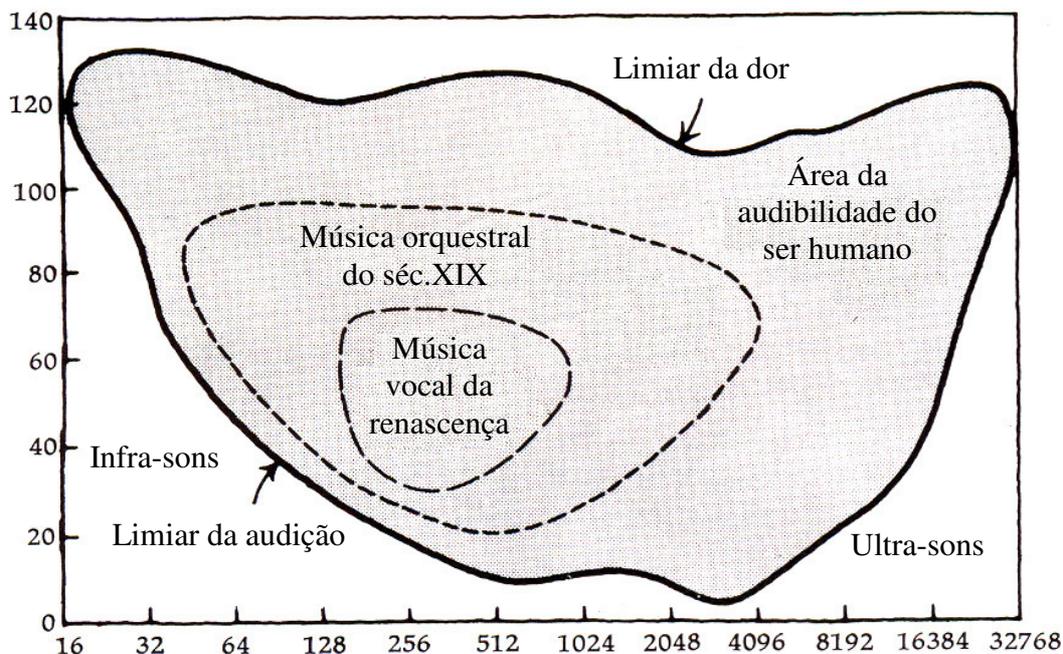


Figura 32 – Área da audibilidade do ser humano (SHAFFER, 1994)

Os infra-sons, dependendo de sua intensidade, são em geral mais percebidos como uma experiência tátil ou de movimento. Com o uso de ultra-sons foram constatados, entre outros efeitos, o aquecimento substancial das células e o fenômeno da cavitação (micro bolhas) no citoplasma. Isto produziu, em alguns casos, tanto o aumento da taxa de germinação e crescimento, como anomalias morfológicas e destruição celular (BOCHU et al. 1998; WEINBERGER & BURTON, 1981; LEVIT, 1980). Apesar de utilizarem uma grande variedade de frequências e intensidades, os autores de modo geral concordam com a qualidade bidirecional da aplicação de ultra-som: pode tanto ser positiva quanto negativa para o organismo. Concordam também que a resposta de cada organismo depende de um ajuste fino dos parâmetros vibratórios e que quase sempre é possível encontrar um ponto ideal para esta resposta. Para o propósito do presente estudo, esta constatação é relevante pois, mesmo tratando-se de fenômenos fora da faixa audível, indica um padrão de ressonância específico entre o processo vibratório como fenômeno geral e a resposta de cada organismo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A fim de aprofundar o conhecimento sobre os experimentos e as hipóteses levantadas pelos autores estudados, foram realizados cinco experimentos usando essencialmente um mesmo modelo experimental padrão. A proposta foi colocar sob a mesma metodologia, diversos tipos de influências sonoras e musicais que haviam sido utilizadas em experimentos anteriores.

Salvo indicado, foi utilizado o método apresentado por Creath & Schwartz (2004), descrito mais adiante. Como indicador biológico do efeito sonoro, utilizou-se a avaliação da germinação de sementes. Com isso, a intenção foi passar ao lado das implicações dos processos de consciência e da subjetividade humana na interação com o elemento sonoro e musical. Ao mesmo tempo, plantas são organismos multicelulares complexos, considerados tão sensíveis quanto humanos para examinar os efeitos iniciais de um processo e testar novas terapias (Creath & Schwartz, 2004). Portanto, espera-se que estes estudos possam ser tomados como base para um aprofundamento da pesquisa em outros âmbitos.

4.1 As câmaras de germinação

Para a realização dos experimentos I a IV, foram construídas quatro câmaras de germinação a partir do modelo apresentado por Creath & Schwartz (2004), com as seguintes características (Fig. 33):

- Corpo duplo feito com tambores plásticos de 100 e 60 litros (tipo lixo)
- Revestimento entre os tambores com manta de absorção acústica automotiva.
- Tampa dupla com vidro para permitir a entrada de luz.
- Cada câmara recebeu uma camada de areia no fundo a fim de tornar-se mais estável e impedir que as vibrações fossem transmitidas diretamente para a bandeja onde as sementes foram postas para germinar.
- No alto de cada câmara e direcionado para baixo, foi adaptado um alto-falante marca Multicom, de 4 polegadas, com 5 watts de potência.
- Cada câmara foi equipada com um termo-higrômetro marca IMPAC, modelo TH01, para monitoramento da temperatura e umidade ao longo dos experimentos (Fig. 34).

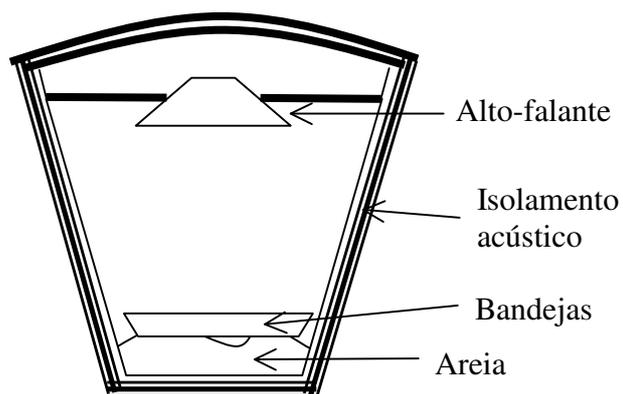


Figura 33 - Esquema de câmara de germinação equipada com alto-falante

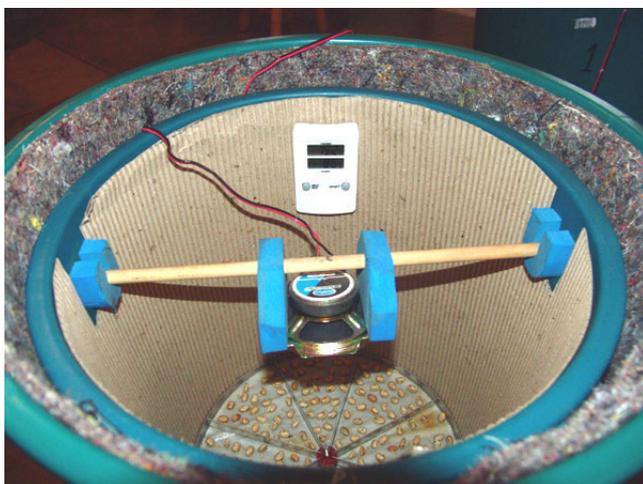


Figura 34 – Câmara de germinação com termo-higrômetro e alto-falante.

4.2 Do isolamento acústico das câmaras de germinação

Foram feitos dois testes para avaliar o isolamento acústico das câmaras. As medições foram realizadas usando um decibelímetro de marca Lutron, modelo SL-4012. Foi constatado que:

- 1- O grau de atenuação de ruído em relação ao meio externo foi da ordem de -45 dB.
- 2- Para um nível sonoro de 70 a 85 dB em uma câmara não foi detectada alteração no nível sonoro no interior de uma câmara vizinha, a um metro de distância.

Estes resultados foram considerados satisfatórios para o presente estudo, indicando que não haveria vazamento sonoro de um tratamento para o outro, nem influência significativa do som ambiente, desde que as câmaras fossem instaladas num ambiente tranqüilo.

4.3 Das condições de temperatura e umidade nos experimentos

Ao longo dos experimentos a temperatura e a umidade das câmaras de germinação foram monitoradas com o objetivo de averiguar se haveriam diferenças significativas destes parâmetros entre as quatro câmaras.

Por estarem em ambiente não controlado, foi registrada a variação natural da temperatura e umidade ao longo do dia e da noite, bem como em função da época do ano em que se realizaram os experimentos. Entretanto não foram notadas diferenças significativas entre as câmaras em um mesmo momento de medição. As pequenas variações encontradas mantiveram-se dentro da margem de erro dos aparelhos, que eram de ± 1 °C para temperatura e $\pm 5\%$ para a umidade. Deve-se ressaltar que a umidade mínima foi sempre notada no início dos experimentos e gradativamente aumentando ao longo destes, uma vez que a constante reposição de água e a breve abertura das câmaras de germinação apenas para a contagem das sementes germinadas, gerou um acúmulo de umidade no interior das câmaras ao longo dos experimentos.

4.4 Fonte sonora

Para que fosse possível padronizar a sonicação das sementes, trabalhou-se com sinais gravados. Estes foram reproduzidos com os seguintes equipamentos (Fig. 35):

- Alto-falantes foram conectados a um amplificador de 40 W, com quatro canais mono, equalizados no mesmo nível de saída, fabricado pela empresa Hodrick – Botucatu-SP, especialmente para o experimento (Fig. 37).
- Duas saídas estéreo, de dois tocadores de MP3 foram conectados às quatro entradas do amplificador.
- As amostras sonoras, para os experimentos I a IV foram geradas usando o programa Sound Forge para Windows, da empresa Sonic Foudry Inc. e todos os arquivos utilizados foram convertidos para MP3 pelo programa Musicmatch Jukebox da empresa Musicmatch Inc.
- A duração e a periodicidade da sonorização variaram segundo a necessidade de cada experimento. Estes dados encontram-se na descrição detalhada de cada experimento que se segue.
- Para o experimento V foi utilizada música ao vivo, conforme descrito no item 4.10.5 .

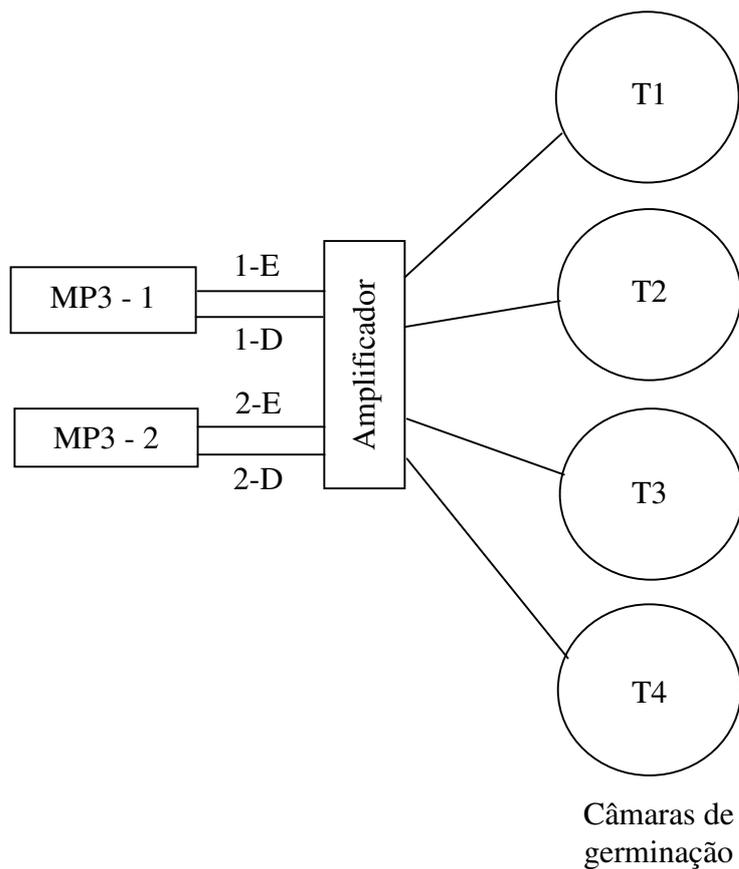


Figura 35 – Esquema de sonorização para as quatro câmaras de germinação



Figura 36 – Disposição das câmaras de germinação na sala



Figura 37 – Amplificador e tocadores de MP3.

4.5 As bandejas de germinação

Para o experimento IV e V (descritos em 5.4 e 5.5 respectivamente) foram usadas caixas de acrílico para germinação (tipo “Gerbox”), forradas com duas folhas papel filtro. Cada Gerbox acomodou 30 sementes, o que permitiu inserir em cada câmara de germinação, um total de 120 sementes divididas em 4 parcelas iguais. Após a realização destes

experimentos, que cronologicamente foram realizados primeiro, avaliou-se a necessidade de aumentar o número de repetições por tratamento. Para os demais experimentos, utilizou-se uma bandeja de alumínio, tipo forma de pizza, forrada com duas folhas de papel filtro e repartida radialmente em oito partes iguais por divisórias também de alumínio (Fig. 38). Cada bandeja comportou um total de 240 sementes. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 8 repetições de 30 sementes em cada tratamento..



Figura 38 – Bandeja com sementes

4.6 As sementes

Para todos os experimentos foram usadas sementes de feijão *Phaseolus vulgaris* L., de cultivo orgânico e Biodinâmico, fornecidas pelos agricultores: Mitsui Hino (variedade carioquinha, experimento IV e V), Didi Baldini (variedade bolinha, experimentos I e II) e Rafael Alves Domingues (variedade carioquinha, experimento III), todos do município de Botucatu-SP. A opção por sementes orgânicas ou biodinâmicas teve como premissa, que estas sementes seriam mais suscetíveis a influências sutis, do que sementes produzidas e tratadas industrialmente.

As sementes foram selecionadas e as muito grandes ou muito pequenas, bem como as quebradas ou defeituosas foram descartadas.

4.7 A semeadura

As sementes foram colocadas com pinças e distribuídas homogeneamente sobre o papel filtro. Receberam no início de cada experimento 10 ml de água por repetição de 30 sementes e mais 5 ml sempre que necessário. As câmaras de germinação permaneceram

fechadas ao longo do experimento só sendo abertas para a contagem das sementes e reposição de água.

4.8 Variáveis estudadas

Dentro da proposta do presente estudo e sua pergunta central (averiguar a possibilidade de um fenômeno acústico-musical afetar um organismo vegetal), foram escolhidas as seguintes variáveis para serem avaliadas em cada experimento:

Experimentos / Parâmetros	I	II	III	IV	V
Porcentagem de germinação	X	X	X	X	X
Índice de velocidade de germinação corrigido	X	X	X	X	X
Massa seca				X	X

Em todos os experimentos, definiu-se como germinada a semente que apresentasse raiz primária igual ou maior que dois milímetros (HADAS, 1976).

Para o cálculo de porcentagem de germinação, foi usada a seguinte fórmula:

$$\% G = \frac{M \times 100}{N}$$

Onde:

% G é a porcentagem final de germinação.

M é o número de sementes germinadas em cada tratamento.

N é o número total de sementes em cada tratamento.

A partir das indicações de Silva e Nakagawa (1995) e Nakagawa (1999), o Índice de Velocidade de Germinação Corrigido (IVGc) foi calculado usando a seguinte fórmula:

$$IVGc = \left[\frac{C1}{T1 - A} + \frac{C2}{T2 - A} + \dots + \frac{Ci}{Ti - A} \right] \times \frac{100}{N} \times \frac{100}{P}$$

Onde:

IVGc é o índice de velocidade de germinação corrigido.

C1 até Ci é a contagem de germinações não acumulada em cada período.

T1 até Ti é o tempo da contagem desde a semeadura.

A é o período que antecede a primeira germinação.

N é o número de sementes em teste.

P é a porcentagem de germinação potencial (o percentual de germinação final do tratamento que obteve o mais alto resultado).

Este índice é interpretado como a porcentagem da velocidade de germinação em relação à velocidade máxima hipotética obtida quando todas as sementes viáveis colocadas em teste germinassem no primeiro período. O IVGc é também um dos indicadores de vigor da planta e é normalmente utilizado para a comparação entre lotes de uma mesma variedade (NAKAGAWA, 1999). Todavia, neste caso entende-se que o IVGc está indicando uma melhor ou pior condição ambiental para a germinação e desenvolvimento da planta, já que se trata de experimentos com um mesmo lote de sementes e a variação esta nos diversos tratamentos sonoros.

A pesagem da massa seca das plântulas ou do hipocótilo, foi realizada ao final dos experimentos, submetendo-se as mesmas a secagem em estufa a 70 °C por 48 horas e em seguida pesadas em balança de precisão.

4.9 Da disposição dos tratamentos nas câmaras e a análise estatística

Em cada experimento foi sorteada a câmara de germinação que receberia cada um dos tratamentos e a posição das câmaras na sala (Fig. 36) foi aleatoriamente modificada a cada experimento.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Nos resultados apresentados, CV % corresponde ao percentual de variação entre as repetições e $Pr > Fc$ o grau de significância: menor que 0,05 sendo significativa e menor que 0,01 sendo altamente significativa.

4.10 Tratamentos

4.10.1 Experimento I – Frequências simples

Com o uso da metodologia descrita, foi estudado o efeito de frequências simples (senóides) sobre a germinação de sementes de feijão *Phaseolus vulgaris* L., variedade “bolinha” conforme caracterizadas no item 4.7 do presente estudo. Encontraram-se vários relatos na literatura onde este tipo de sonicação foi utilizado, causando respostas significativas nos organismos alvo (MEASURES & WEINBERGER, 1970; SOUZA et al.1990; BOCHU et al. 2003; CHUANREN et al. 2004; BOCHU et al. 2004; JEONG et al. 2007). Optou-se por repetir a frequência de 1150 Hz utilizada por Souza et al. (1990), que apresentou um efeito negativo no desenvolvimento do feijão, bem como sua oitava inferior e seu trítone (meio harmônico da oitava), a fim de averiguar se, seus resultados seriam confirmados.

Tratamentos:

T1 – 1150 Hz

T2 – 813 Hz

T3 – 575 Hz

T4 – Controle sem som

Parâmetros do experimento:

Fonoperíodo: 30 minutos, duas vezes ao dia (intervalo de 12 horas).

Contagem das sementes germinadas: a cada seis horas.

Temperatura: máxima 19,5 °C / mínima 17,3 °C

Umidade: máxima 86% / mínima. 57%

Intensidade sonora: 82 dB.

4.10.2 Experimento II – Intervalos musicais

O intervalo musical (relação entre duas frequências) é o mais simples gesto musical tonal e carrega em si uma carga informativa objetiva, facilmente analisável em termos numéricos. Ele tanto pode ser *melódico ascendente* (movendo-se no tempo do tom mais grave para o agudo), quanto *melódico descendente* (movendo-se no tempo do tom mais agudo para o mais grave), quanto *harmônico* (quando os dois tons soam simultaneamente). Estes pequenos “tijolos” musicais, são as unidades mínimas de construção de melodias e harmonias, juntamente com as células rítmicas simples, como o Jambo (curto - longo) ou Anapesto (curto, curto, longo), entre outros. A idéia de utilizar estas pequenas células musicais, visa uma aproximação da realidade sonora a que estamos expostos no dia a dia (exemplos são o ritmo binário do andar, a estrutura ternária do batimento cardíaco com sua sístole e diástole em curto/longo, o ritmo de fundo de uma máquina ou mesmo uma peça musical). Por outro lado, estas células podem ser mais facilmente analisáveis nas suas relações intrínsecas do que uma peça musical completa.

Para o presente estudo, foi elaborada uma frase musical padrão, que serviu de base para a sonicação com intervalos musicais. Procurou-se uma frase que fosse o mais simples possível, mas que, todavia, carregasse um sentido musical. Assim foi criada uma seqüência de quatro compassos, de três tempos cada, com uma célula rítmica curto/longo nos três primeiros compassos e um tom longo no quarto compasso. Entre uma repetição e outra da frase foi adicionado mais um compasso de pausa a fim de caracterizar uma respiração entre as frases (Fig. 39). O tom superior do intervalo harmônico, foi variado para cada um dos tratamentos do experimento a fim de se obter o intervalo desejado.



Figura 39 Frase modelo para experimentos com intervalos. Exemplo do intervalo de Quinta (T3 no experimento II-B).

Para geração do arquivo de áudio, foi utilizada a amostra sonora de uma flauta, obtida no banco de timbres do programa “Sample Tank” da empresa IK Multimídia.

A afinação dos oito intervalos musicais utilizados, obedeceu às relações numéricas encontradas na quarta oitava da série harmônica (Tabela 21).

Tabela 21 – Relação dos intervalos musicais

Intervalo	Tons	Razão	Hz
Unísono	Ré – Ré	8:8 (1:1)	288 : 288
Segunda Maior	Ré – Mi	8:9	288 : 324
Terça Maior	Ré - Fá #	8:10 (4:5)	288 : 360
Quarta natural	Ré - Sol# ↓	8:11	288 : 396
Quinta	Ré – Lá	8:12 (2:3)	288 : 432
Sexta natural	Ré – Sib ↑	8:13	288 : 468
Sétima menor natural	Ré - Dó ↓	8:14 (4:7)	288 : 504
Oitava	Ré – Ré	8:16 (1:2)	288 : 576

Esta afinação pura dos intervalos, prioriza as relações acústicas naturais e possui menor grau de dissonância do que, por exemplo, no sistema de temperamento por igual batimento, adotado no ocidente desde o período barroco até nossos dias na prática musical convencional. Vale dizer, que escalas utilizando estes intervalos naturais estão presentes na cultura musical antiga e atual de diversos povos, especialmente em sociedades agrárias (RULAND, 1981; RENOLD, 1992), onde o contato com a natureza e seus ciclos, é mais íntimo e intenso.

A fim de aplicar a sonorização dos oito intervalos musicais mencionados, primeiramente foram realizados dois testes, II-A e II-B, cada uma com quatro intervalos. Posteriormente foi realizado mais um teste, II-C, comparando os três melhores resultados obtidos em II-A e II-B, com um controle sem som.

Experimento II-A

Tratamentos:

T1 – Terça maior 8:10

T2 – Quarta natural 8:11

T3 – Segunda maior 8:9

T4 – Uníssonos 8:8

Parâmetros do experimento:

Fonoperíodo: 30 minutos, duas vezes ao dia (intervalo de 12 horas).

Contagem das sementes germinadas: a cada seis horas.

Temperatura: máxima 21,3 °C / mínima 19,5 °C

Umidade: máxima 88% / mínima 67%

Intensidade sonora: 75 a 80 dB.

Experimento II-B

Tratamentos:

T1 – Sétima menor natural 8:14

T2 – Oitava 8:16

T3 – Quinta 8:12

T4 – Sexta natural 8:13

Parâmetros do experimento:

Fonoperíodo: 30 minutos, duas vezes ao dia (intervalo de 12 horas).

Contagem das sementes germinadas: a cada seis horas.

Temperatura: máxima 20,5 °C / mínima 17,0 °C

Umidade: máxima 86% / mínima 62%

Intensidade sonora: 75 a 80 dB

Experimento II-C

Tratamentos:

T1 – Segunda maior 8:9

T2 – Quarta natural 8:11

T3 – Sexta natural 8:13

T4 – Controle sem som

Parâmetros do experimento:

Fonoperíodo: 30 minutos, duas vezes ao dia (intervalo de 12 horas).

Contagem das sementes germinadas: a cada seis horas.

Temperatura: máxima 21,6 °C / mínima 18,4 °C

Umidade: máxima 93% / mínima. 72%

Intensidade sonora: 75 a 80 dB.

4.10.3 Experimento III – Música variada

Músicas em diversos estilos foram utilizadas em experimentos anteriores (KLEIN & EDSAL, 1965; RETALLACK, 1973; BOCHU et al. 2003; CREATH & SCHWARTZ, 2004). Na manifestação musical, por sobre a camada dos fenômenos acústicos (frequências, intensidades, durações e timbres) existe uma dimensão de linguagem moldada por valores estéticos e culturais. A decodificação desta linguagem pressupõe um sujeito capaz de processar não apenas os parâmetros físicos do som, mas também as relações internas do conjunto sonoro ao longo do tempo, perceber suas regularidades, semelhanças, contrastes e mesmo relações numéricas de proporção entre seus elementos constituintes. No caso da escuta musical humana, esta se encontra conectada e é ao mesmo tempo resultante de uma rede de associações com outras capacidades perceptivas e cognitivas (JAKENDOFF & LERDAHL, 2005) e necessita portanto, de um aparato neurológico altamente desenvolvido. Por este motivo é natural que a pergunta, de se as plantas teriam a capacidade de responder a um estímulo musical, em geral é tratada como um tema polêmico, uma vez que estes organismos não dispõem de tal aparato neurológico.

Todavia os experimentos acima mencionados apontam para uma resposta diferenciada dos organismos vegetais, quando estes são submetidos à ação de música. A fim de investigar este fenômeno dentro da metodologia adotada, foi realizado o seguinte experimento:

Sementes de feijão *Phaseolus vulgaris* L. conforme caracterizadas no item 4.7, foram submetidas a três tratamentos musicais, mais um controle sem som.

T1 – “Duhn Man Passand” contida no álbum “Inde du Nord” (2001), de Ravi Shankar

T2 – Controle sem som

T3 – “Arte da Fuga - Contrapunctus VIII” de J. S. Bach, executada pelo Juilliard String Quartet (1992)

T4 – “Blackened” do álbum “And Justice for All” (1990) do grupo Mettalica

Esta escolha visou abordar estilos musicais bem diferenciados em termos históricos e culturais. A partir dos resultados obtidos num primeiro experimento (III-A), foi realizado um segundo teste (III-B), alterado o fonoperíodo.

Parâmetros do experimento III-A:

Fonoperíodo: 8 horas uma vez ao dia

Contagem das sementes germinadas: a cada seis horas.

Temperatura: máxima 21,2 °C / mínima. 16,7 °C

Umidade: máxima 87% / mínima. 56%

Intensidade sonora: entre 72 e 85 dB.

Parâmetros do experimento III-B:

Fonoperíodo: de 1 hora, duas vezes ao dia, com intervalo de 12 horas.

Contagem das sementes germinadas: a cada seis horas.

Temperatura: máxima 20,7 °C / mínima 18,1 °C

Umidade: máxima 91% / mínima. 48%

Intensidade sonora: entre 72 e 85 dB.

4.10.4 Experimento IV – Proteodes

Sobre a hipótese da "Regulação epigenética da biossíntese de proteínas por ressonância"

A grande maioria dos estudos realizados até o presente momento, indicou algum tipo de resposta de plantas sob a influência de música ou frequências isoladas. Contudo, sabe-se muito pouco sobre os mecanismos biológicos que produzem estas respostas. Recentemente Jeong (2007) demonstrou haver uma resposta de certos genes, tanto a estímulos musicais complexos como Sonatas de Beethoven, quanto a frequências isoladas.

Sternheimer (2002) relata ter conseguido induzir ou inibir a síntese de enzimas e proteínas e, assim, influenciar o fenótipo de uma planta, através de seqüências de frequências acústicas melódicas, ou como ele as chamou, "Proteodes". O método consiste em transpor para o plano audível as respectivas vibrações de cada aminoácido e ordená-las no tempo segundo sua posição na cadeia peptídica de uma dada proteína ou enzima. Usando-se a série "autêntica", a hipótese prevê a estimulação desta síntese. Espelhando-se esta seqüência vibratória a partir do seu ponto médio (invertendo sua fase), se encontram as frequências que induziriam uma inibição da mesma síntese. Sternheimer (2002) requereu a patente deste método na Comunidade Européia e nos Estados Unidos.

Esta hipótese parte das seguintes premissas:

- **A possibilidade** de haver interação entre diferentes níveis de organização da matéria por meio de ressonância acústica.
- **A possibilidade** de identificar as frequências naturais de ressonância no processo da síntese de proteínas e fazer sua tradução em uma linguagem musical.

Do processo de germinação de uma semente

Estudos sobre a germinação de uma semente, mostram que esta obedece a uma seqüência de passos bioquímicos onde o processo de síntese protéica desempenha um papel fundamental. O primeiro passo neste processo é a embebição, onde a água atravessa o tegumento e começa a amaciar os tecidos internos duros, ativando o metabolismo do embrião. Esta ativação resulta na liberação do ácido giberélico (GA) produzido no interior do embrião e transportado com a água pelo restante dos tecidos da semente até chegar à camada de aleurona. O GA entra no citoplasma dessas células, ativando certos genes do DNA nuclear. Os genes ativados são transcritos em moléculas de RNA que por sua vez serão a base de informação para a síntese de proteínas e enzimas (MERCIER, 2006).

Neste caso, a enzima crítica feita com a informação mantida no RNA é a Amilase. A amilase é secretada das células de aleurona para dentro do endosperma e lá acelera a hidrólise do amido em suas unidades componentes de açúcar. O açúcar é transportado até o embrião, aonde é utilizado como combustível e matéria prima para a germinação e desenvolvimento da plântula (MERCIER, 2006).

O presente experimento foi criado com o intuito de aprofundar o estudo no tema e averiguar a possibilidade de se influenciar por ressonância acústica a síntese da Alfa Amilase no processo de germinação do feijão *Phaseolus vulgaris* L..

O experimento constitui-se em submeter as sementes de feijão a quatro tratamentos:

T1 - Controle sem som,

T2 - Controle ruído branco

T3 - Seqüência sonora supostamente estimuladora

T4 - Seqüência sonora supostamente inibidora.

O controle adicional “T2 - ruído branco”, foi incluído por ser o ruído branco uma disposição aleatória de todas as frequências audíveis e, portanto, um som altamente desorganizado. Desta forma os três tratamentos que receberam sonorização estavam submetidos igualmente à ação de vibrações acústicas e todos os quatro tratamentos, igualmente ao magnetismo da bobina do alto falante, que no tratamento sem som permaneceu

ligada, mas sem sinal. A única diferença residiu na qualidade da mensagem sonora transmitida. De um lado, silêncio e uma informação caótica com o ruído branco e de outro lado, melodias altamente organizadas.

Como alvo da ação sonora das séries estimuladora e inibidora, seguindo a indicação de Mercier (2006), foi escolhida a enzima Alfa Amilase codificada no ExPASy (Expert Protein Analysis System) do Swiss Institute of Bioinformatics como Q9ZP43 (SWISS-PROT, 2006).

As seqüências sonoras

Sternheimer (2002) define a frequência da Glicina como sendo de um Lá. O tom Lá na prática musical já teve diversas frequências tendo variado nos últimos 500 anos somente na Europa, entre 377Hz e 504Hz (ELLIS, 1954). Foi estabelecida para o experimento a frequência deste Lá em 432Hz seguindo as considerações de Renold (1992), indicando ser este um Lá bastante comum na prática musical do passado recente, hoje bastante utilizado em processos musicoterapêuticos e para testes clínicos. A partir deste Lá e das relações intervalares musicais deduzidas dos pesos moleculares dos aminoácidos, foi gerada uma tabela de correspondências (Tabela22), utilizada no experimento.

Tabela 22 - Aminoácidos, seus pesos moleculares e frequências.

AA	PM	Cent*	Estimuladora	Hz	Inibidora	Hz
Trp:	204,21	1733	ré +33	588	si +38	248
Tyr:	181,18	1526	dó +26	521	dó# +45	279
Arg:	174,20	1458	dó -42	501	ré +13	291
Phe:	165,18	1366	si -34	475	mib +5	306
His:	155,15	1257	Sib -43	446	mi +14	326
Met:	149,21	1189	lá -11	429	fá -18	339
Glu:	147,12	1165	lá -35	423	fá +6	344
Lys:	146,18	1154	lá -46	421	fá +17	346
Gln:	146,14	1153	lá -47	421	fá +18	346
Asp:	133,09	992	sol -8	383	sol -21	380
Asn:	132,11	979	Sol -21	380	sol -8	383
Ile:	131,17	966	sol - 34	377	sol +5	386
Leu:	131,17	966	sol - 34	377	sol +5	386
Cys:	121,14	829	fá +29	349	sol# +42	418
Thr:	119,11	799	Fá -1	343	lá -28	425
Val:	117,14	771	fá -29	337	lá +0	432
Pro:	115,12	740	mi +40	331	lá +31	440
Ser:	105,08	582	Mib -18	302	si -11	482
Ala:	89,08	296	Dó - 4	256	ré -25	568
Gly:	75,06	0	lá +0	216	fá -29	674

*O cent é uma unidade linear de medida de intervalos musicais, onde por definição 100 cents = 1 meio tom da escala temperada por igual batimento.

Os sinais de + e - ao lado de cada tom representam o desvio dos mesmos em relação à escala temperada.

Foram assim definidas as 20 frequências base da série estimuladora e as 20 frequências base para a série inibidora. Baseados nesta tabela e utilizando uma amostra sonora de uma corda de aço dedilhada, foram gravadas as melodias estimuladora e inibidora, encadeando os 420 tons correspondentes à seqüência dos 420 aminoácidos da enzima Q9ZP43 (Fig.40).

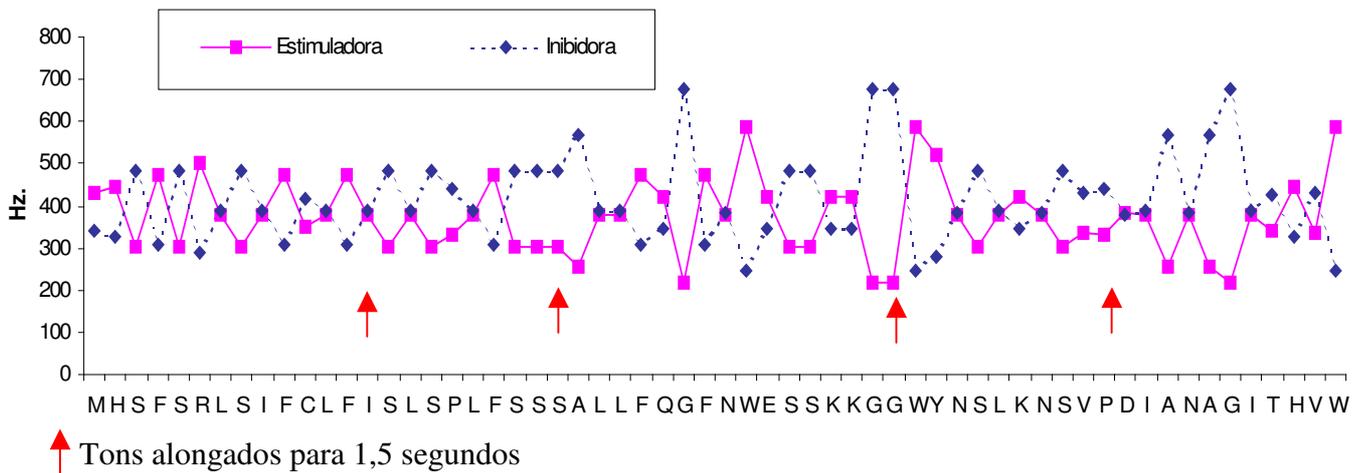


Figura 40 – Sequência dos primeiros 60 aminoácidos da enzima Q9ZP43 e suas respectivas frequências.

Foi definida a duração padrão de 0,5s para cada tom da sequência. A partir do perfil melódico da enzima foram identificadas frases de sentido musical que foram enfatizadas pelo alongamento para 1,5s do último tom da mesma.

Parâmetros do experimento:

Fonoperíodo: 12 minutos a cada 6 horas.

Contagem das sementes germinadas: a cada seis horas.

Temperatura: Média de 25 °C

Umidade: não registrada

Intensidade sonora: entre 75 e 80 dB.

4.10.5 Experimento V – Campo harmônico da Mesa Lira

A Mesa Lira (Fig. 41), também conhecida como "Monochord Table" ou "Behandlungsmonochord", é um instrumento terapêutico, constituído de uma grande caixa de ressonância, suspensa por pés de madeira, em baixo da qual correm cordas de aço montadas sobre dois cavaletes nas extremidades, todas afinadas no mesmo tom. Dedilhando as cordas de modo contínuo, obtém-se um rico campo sonoro e espectro harmônico. Ao tocar, variando-se a velocidade, intensidade e criando-se padrões rítmicos, pode-se compor e direcionar seu poderoso espectro sonoro de acordo com a intenção terapêutica e atuando sobre o paciente que se deita sobre a Mesa. Atribui-se ao musicoterapeuta suíço Joachim Marz (2006) a primeira construção e aplicação de uma "Mesa Lira" em 1989, para fins terapêuticos. O paciente ao deitar-se sobre a Mesa, recebe uma massagem sonora, pois o som e as vibrações são percebidos tanto através dos ouvidos, como diretamente em todo o corpo através do tampo de ressonância. A fim de testar os efeitos sonoros deste instrumento sobre o processo

de germinação, bem como inserir nestes estudos uma ação com música ao vivo, foi realizado o seguinte experimento:

Para este experimento foram definidos três tratamentos:

T1 - Sem som (controle)

T2 - Som (recebido pelas sementes em baixo da Mesa, à distância de 40 cm).

T3 - Som + contato (este grupo ficou diretamente em cima da Mesa, recebendo tanto o som quanto a vibração por contato direto com o tampo de ressonância).



Figura 41 – Mesa Lira sendo tocada, com os feijões colocados sob e sobre ela.

Parâmetros do experimento:

- A Mesa Lira (Fig. 45), utilizada em nosso experimento, foi fabricada pela empresa OuvirAtivo, de Botucatu (www.ouvirativo.com.br).
- A Mesa Lira tem como tom fundamental o Ré, afinado em 73 Hz.
- Cada tratamento teve cinco repetições de 30 sementes.
- As sementes foram acomodadas sobre papel filtro umedecido, em caixas tipo Gerbox. Inicialmente cada repetição recebeu 20 ml de água e posteriormente mais uma reposição de 5 ml sempre que necessário.
- As sementes foram todas mantidas em um recinto silencioso durante o período do experimento e os grupos que receberam o tratamento sonoro foram levados duas vezes ao dia para a sala contígua, onde se encontrava a Mesa Lira e receberam a sonicação por 15 minutos. Em seguida foram recolocados junto ao grupo controle.
- A contagem das sementes germinadas foi feita a cada seis horas.

- No ambiente onde as sementes ficaram armazenadas foi registrada a temperatura máxima de 21,2 °C e mínima de 16,7 °C. A umidade variou entre a máxima de 87% e a mínima de 56%.
- A intensidade sonora medida durante a execução do tratamento sonoro foi de 63 a 87 dB.
- A Mesa Lira foi tocada de forma livre e improvisada, utilizando diversos padrões rítmicos e alternâncias de dinâmica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conjunto de experimentos acima descrito, apresentou em seus resultados, vários pontos interessantes para a reflexão sobre o tema, especialmente quando estes resultados são comparados com os encontrados na literatura.

5.1 Experimento I – Freqüências simples

Tratamento	IVGc	%G
T1 - 1150 Hz	3,5580 a	96,25 a b
T2 - 814 Hz	3,4465 a	90,42 a
T3 - 575 Hz	4,1198 a b	93,75 a b
T4 - Sem som	5,4248 b	97,08 b
CV %	28,93	4,60
Pr > Fc	0,0097	0,0209

No experimento I – Freqüências Simples, três pontos chamam a atenção nos resultados obtidos:

- 1) A freqüência de 1150 Hz produziu um efeito de retardamento na germinação, indicado pelo baixo IVGc, confirmando os efeitos negativos desta freqüência, para o *Phaseolus vulgaris* L., apresentados por Souza et al. (1990).
- 2) As oitavas 1150 Hz e 575 Hz, bem como seu trítone 814 Hz, apresentaram resultados abaixo do controle sem som, indicando uma possível relação de similaridade destas freqüências quanto ao seu efeito sobre o feijão. Em termos musicais o trítone é uma antípoda tonal, ou seja o ponto mais distante tonalmente falando. É interessante que esta polaridade tenha provocado um efeito similar.

- 3) O tratamento T2 – 814 Hz, apresentou uma diferença significativa quanto à taxa de germinação (%G) em relação ao controle T4 - Sem som. Este foi o único caso nos experimentos onde tal diferença foi notada.

5.2 Experimento II – Intervalos musicais

Resultados: II _ A

Tratamento	IVGc	%G
T1 - 3a	5,0192 a b	93,33 a
T2 - 4a	6,1252 b	95,00 a
T3 - 2a	5,5228 a b	96,66 a
T4 - Unísono	4,3215 a	96,66 a
CV %	24,11	4,07
Pr> Fc	0,0511	0,4462

Resultados: II - B

Tratamento	IVGc	%G
T1 - 7 ^a	4,5138 a b	96,66 a
T2 - 8 ^a	3,3484 a	97,50 a
T3 - 5 ^a	3,8836 a	97,08 a
T4 - 6 ^a	5,6550 b	99,16 a
CV %	28,97	3,02
Pr> Fc	0,0069	0,3629

Resultados: II-C

Tratamento	IVGc	%G
T1 - 2 ^a	5,6561 a b	98,33 a
T2 - 4 ^a	5,3692 a b	97,08 a
T3 - 6 ^a	5,9152 b	98,33 a
T4 - Sem som	4,9207 a	96,66 a
CV %	10,90	2,49
Pr> Fc	0,0158	0,4082

No experimento II - Intervalos Musicais, mesmo não sendo possível comparar diretamente entre si os resultados obtidos em II-A, II-B e II-C, pois foram realizados em momentos diferentes e com temperatura e umidade ligeiramente variadas, alguns pontos chamam a atenção quanto à resposta de cada tratamento em relação ao que se pode chamar de “tensão intervalar”. Uma boa maneira de demonstrar esta qualidade dos intervalos musicais é

através das Figuras de Lissajou. Encontra-se na figura 42 a representação gráfica da interação entre as frequências de cada um dos intervalos utilizados:

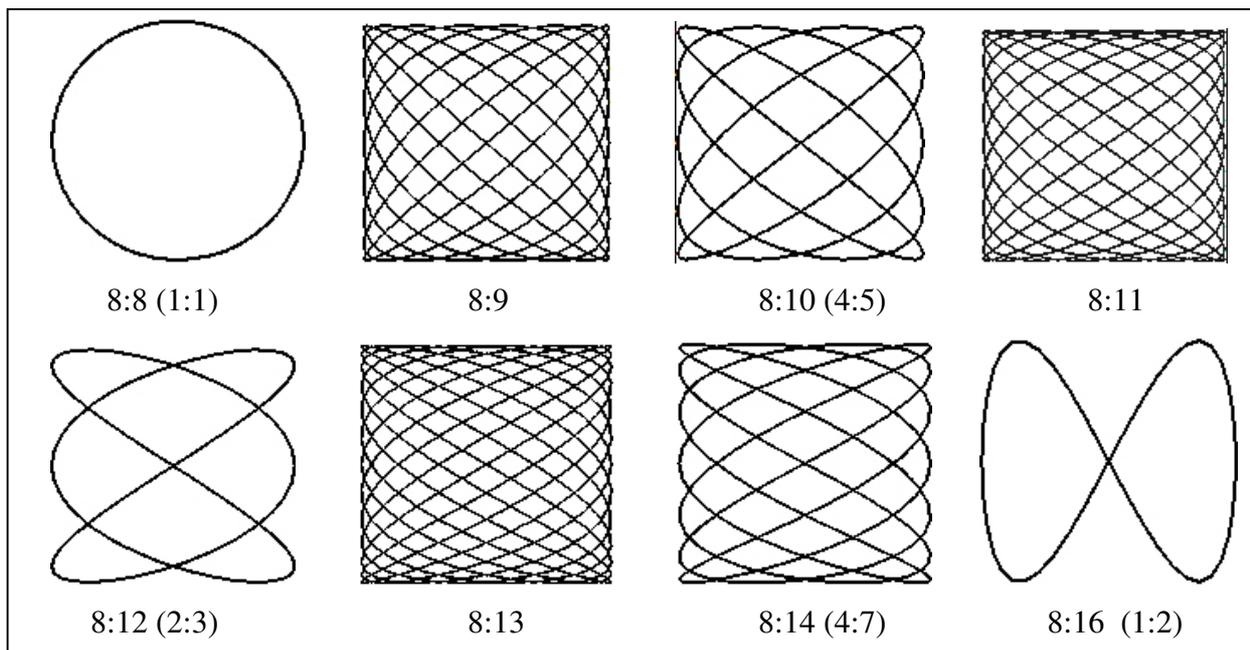


Figura 42 - Figuras de Lissajou e suas respectivas razões frequenciais

Fica claro aqui que os intervalos cujas razões numéricas são mais simples, produzem figuras também mais simples (por exemplo 8:8 ou 8:12) enquanto que razões mais complexas (8:11 e 8:13) produzem figuras mais complexas. Pode-se dizer também, que este grau de complexidade resulta, em termos sonoros, em um maior ou menor grau de tensão intervalar, ou como se diz musicalmente, de consonância ou dissonância.

No caso deste experimento, nota-se que os tratamentos que obtiveram um IVGc mais alto (T2 e T3 em II-A e T4 em II-B), foram aqueles que foram expostos a intervalos com maior tensão, enquanto que os expostos a intervalos mais consonantes, ou de menor tensão, obtiveram um índice mais baixo. Cabe aqui a pergunta: a maior tensão intervalar poderia causar um maior agitação dos fluidos e conseqüentemente acelerar o transporte de substâncias dentro da semente ?

No experimento II-C, todos os tratamentos sonoros obtiveram médias mais altas que o controle sem som e que o T3 (a Sexta 8:13, o intervalo mais complexo) diferiu significativamente do controle. Idealmente seria importante testar os oito intervalos ao mesmo tempo e totalmente sob as mesmas condições, a fim de se averiguar a confirmação, ou não, desta tendência.

5.3 Experimento III – Música variada

Resultados III-A:

Tratamento	IVGc	% G
T1 – Ravi Shankar	4,6828 a	93,33 a
T2 – Sem som	4,0925 a	95,00 a
T3 – J.S. Bach	4,8108 a	96,66 a
T4 – Metallica	6,6688 a	96,66 a
CV %	59,36	4,28
Pr> Fc	0,3654	0,3195

Resultados III-B:

Tratamento	IVGc	% G
T1 - Sem som	6,1622 a	92,91 a
T2 – Shankar	6,6542 a b	92,08 a
T3 – Metallica	7,7686 b	94,16 a
T4 - J.S.Bach	7,3565 a b	92,91 a
CV %	15,26	5,12
Pr> Fc	0,0253	0,8532

Em ambos os testes do experimento III – Música Variada, as médias do IVGc dos tratamentos musicais foram mais altas que o controle sem som, mas apenas o segundo experimento (III-B) apresentou resultados significativos. O experimento III-A teve um coeficiente de variação (CV%) muito alto (o aceitável seria da ordem de 20%). Por isso, as diferenças entre os tratamentos, não foram significativas. Possíveis explicações para esta alta variabilidade, observada no experimento III-A, seriam uma própria e extraordinária variabilidade deste lote específico de sementes, ou também, que o longo período de exposição (oito horas), tenha caotizado o processo de germinação. Como se viu em Bochu et al. (2003) ou Jeong et al; (2007), o excesso de estímulo pode anular a resposta de um agente que, em condições ideais levaria a um resultado positivo.

Mesmo sem apresentar diferenças significativas, nota-se que as médias dos dois experimentos apresentaram a mesma ordenação quanto aos tratamentos musicais, que foram crescentes na seguinte ordem: Shankar, J.S.Bach e Metallica. Observando a onda sonora dos arquivos de áudio utilizados, pode-se notar que a onda do “Metallica” (Fig. 43) foi bastante comprimida e apresenta uma homogeneidade na sua dinâmica. Já o arquivo “Bach” (Fig. 44), apresenta maiores alternâncias na amplitude e o arquivo “Shankar” (Fig. 45) mais ainda, apresentando um crescendo ao longo da peça.

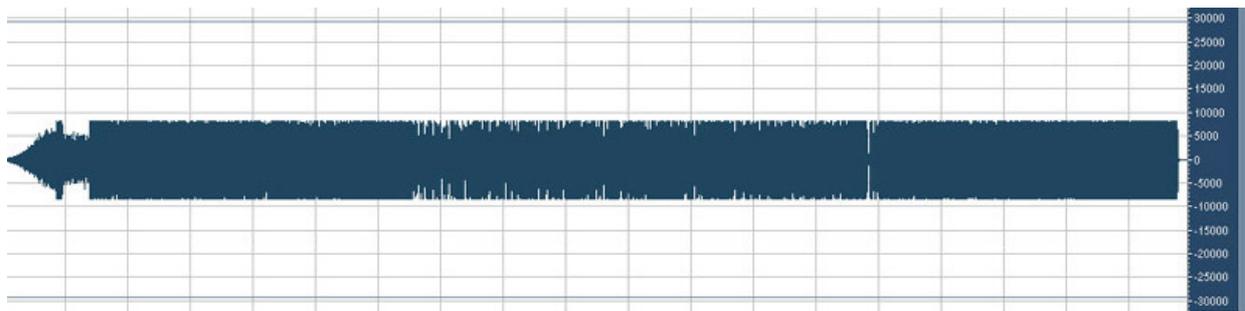


Figura 43 - onda do arquivo de áudio “Metallica”

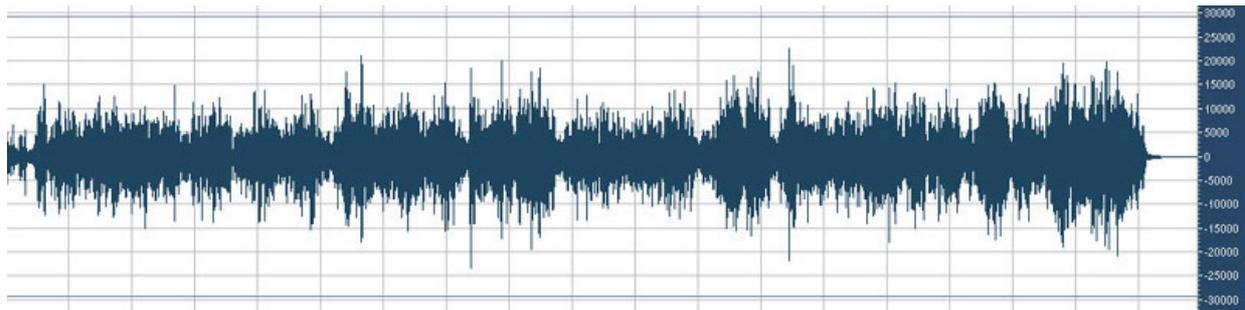


Figura 44 - onda do arquivo de áudio “J.S.Bach”

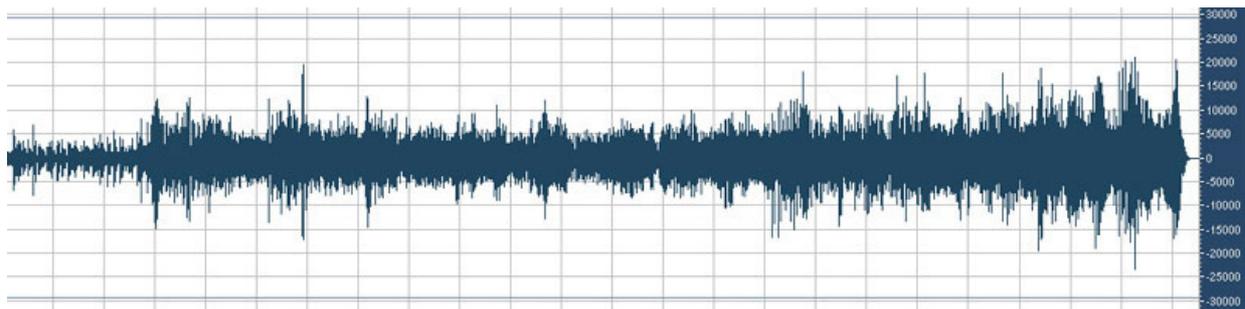


Figura 45 - onda do arquivo de áudio “Shankar”

Esta homogeneidade da onda, pode ser um dos fatores que levaram aos resultados obtidos e neste sentido a variável da intensidade sonora teria se sobreposto aos demais fatores musicais. Esta hipótese poderia ser testada usando-se arquivos uniformemente comprimidos, o que, todavia, descaracterizaria a musicalidade de “J.S. Bach” e “Shankar”, anulando suas sutilezas dinâmicas. Como já mencionado, a música é um fenômeno altamente complexo, com um enorme número de variáveis e múltiplas camadas de significado. Apesar dos resultados positivos encontrados na literatura (RETALLACK, 1973; BOCHU et al. 2003; CREATH & SCHWARTZ, 2004), percebemos com este experimento, a grande dificuldade de se comprovar a possível influência de estilos ou composições musicais sobre um organismo vegetal.

5.4 Experimento IV – Proteodes

Resultados:

Tratamento	IVGc	% G	MS hipocótilo
T1 - Sem som	9,6162 a	98,33 a	0.008760 a
T2 - Ruído branco	10,0911 a	100,00 a	0.009376 a
T3 - Seq. estimuladora	15,6013 b	100,00 a	0.008192 a
T4 - Seq. inibidora	10,0182 a	96,66 a	0.008623 a
CV %	21,55	2,18	9,64
Pr > Fc	0,0152	0,1418	0,3041

A análise dos resultados do experimento IV - Proteodes, mostra uma diferença significativa no índice de velocidade de germinação (IVGc). Mesmo que de modo ainda não conclusivo, esta observação vai ao encontro de um processo de regulação por ressonância assim como propõe Sternheimer (2002). Neste experimento pode-se observar que as sementes que receberam a série estimuladora, tiveram IVGc mais alto, concordando com as previsões da hipótese em questão. Em contrapartida, a série inibidora não causou retardo. Tomando apenas os dados obtidos não é possível estabelecer uma relação direta entre os fenômenos observados e a síntese da Alfa Amilase. Tanto a porcentagem de germinação total, ao final do experimento, quanto a massa de matéria seca do hipocótilo, não apresentaram diferenças significativas.

5.5 Experimento V - Campo harmônico da Mesa Lira

Resultados:

Tratamento	IVGc	% G	MS Plântula
T1 - Sem som	5,4461 a	96,66 a	1,2924 a
T2 - Som	7,8656 b	98,00 a	1,2212 a
T3 - Som + contato	6,5491 a b	98,00 a	1,2732 a
CV %	18,27	2,89	9,30
Pr > Fc	0,0261	0,1418	0,623

No experimento V com a Mesa Lira, os resultados mostram que o grupo que recebeu apenas o som do instrumento obteve um melhor desempenho do IVGc. O tratamento T3, que estava sujeito também ao contato direto com o tampo de ressonância apresentou um índice mais baixo que T2 (apenas som), o que sugere que se possa novamente estar aqui diante de um excesso de exposição como já observado em outros experimentos. A massa de matéria seca da plântula não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos.

Este conjunto de experimentos utilizou os dados obtidos a partir de um total de 6840 sementes, utilizando os principais elementos sonoros mencionados na literatura. A metodologia utilizada mostrou-se bastante prática e eficaz para a investigação da influência do elemento sonoro sobre a germinação de sementes. Em praticamente todos os experimentos verificou-se uma resposta diferenciada dos grupos tratados com algum tipo de ação sonora, frente aos grupos de controle sem som, sendo que no caso dos experimentos II a V o resultado foi de aceleração da germinação e no experimento I de retardo da mesma. No caso do experimento II (Intervalos musicais) e IV (Proteodes), registrou-se também uma diferenciação entre os tratamentos sonoros, apontando para uma relação qualitativa entre o impulso sonoro e o organismo vegetal. Em conjunto com os dados levantados na revisão bibliográfica sobre o tema, acredita-se que estes experimentos ajudarão a avaliar de modo mais consistente a problemática envolvida neste campo de estudo e espera-se também que eles possam apontar novas direções para esta linha de pesquisa.

6. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O efeito que agentes externos têm sobre uma planta é um fato inevitável, dada a condição imóvel desta última. Por isso compreender a relação entre os fatores ambientais e o desenvolvimento vegetal é um importante campo de pesquisa.

Além de manterem um fluxo bidirecional contínuo de matéria e energia com o meio, a outra importante propriedade que os sistemas biológicos apresentam é a capacidade de utilizar perturbações do meio no seu processo de organização. Dentro de certos limites, estas perturbações são incorporadas no processo de organização biológica como disparadores de processos metabólicos envolvidos na ontogênese, e até como catalisadores de relações ecológicas, originando sistemas multi-escalares (SOUZA, 1998).

Pelo que se pode observar, a partir das leituras dos trabalhos já realizados e através dos experimentos, aqui realizados, fica claro que um estímulo sonoro tem grande poder de afetar um organismo vegetal em seus diversos níveis e processos. Notou-se que, encontrados os parâmetros ideais de intensidade, frequência e tempo, a planta como um todo, ou parte de seu metabolismo, responde de forma acentuada. Notou-se também que são certas frequências, em certas intensidades, atuando por certo período de tempo, que vão causar uma resposta significativa no organismo alvo. Da mesma forma, em diferentes estágios do seu desenvolvimento, uma planta pode responder de maneira diferente a um mesmo estímulo sonoro (QIN et al. 2003). Completando o quadro, como sugere Bochu (1998) e confirmado por Souza et al. (1990) e o experimento I – Frequências Simples (item 5.1), ondas sonoras podem ter um efeito bidirecional sobre as células vegetais, isto é, a estimulação sonora pode promover o desenvolvimento de plantas quando a frequência e a intensidade estão adequadas. Do contrário, podem inibir este desenvolvimento. A sensibilidade do sistema permite que a mesma frequência tanto possa causar, por exemplo, um aumento significativo no número de raízes e produção de massa seca quanto sua redução, variando apenas a intensidade de 92 dB para 105 dB (WEINBERGER & MEASURES, 1978). Este fato alerta para uma série de questões relativas ao ambiente sonoro onde se estudam plantas, como por exemplo, os testes de germinação e desenvolvimento que se processam em câmaras climatizadas com ruído de fundo constante.

Os estudos de Chuanren et al (2004), Qin et al. (2003), Bochu et al. (2003, 2004) Yi et al. (2003a, 2003b), Yang et al. (2002) e Jeong et al. (2007) conseguiram grandemente ampliar a compreensão dos mecanismos biofísicos e bioquímicos que ocorrem na célula vegetal quando esta é estimulada por uma onda sonora. Todavia, o estudo comparado de seus trabalhos revela a alta complexidade do fenômeno e algumas contradições como, por exemplo, os resultados obtidos por Yi et al. (2003b), Yang et al. (2002) e Bochu et al. (2003)

no que se refere ao efeito de VA na penetrabilidade da membrana. Esta constatação desencoraja qualquer tentativa de uma abordagem simplista e linear para explicar a interação som/planta como um todo. Basta imaginar o esforço descabido que seria buscar para cada organismo o conjunto efetivo de parâmetros sonoros, dentre as praticamente infinitas possibilidades de combinação de tempo, frequência, intensidade e timbre (para falar apenas de sons individuais), que induziria uma resposta desejada. Neste sentido, é vantajoso considerar os organismos vegetais como “Sistemas Complexos Dinâmicos e Adaptativos” (SCDA) e dentro desta abordagem epistemológica buscar possíveis explicações, através de padrões dinâmicos, para seu comportamento diante de um estímulo sonoro e musical.

É importante ter em mente que entre os agentes externos e a resposta da planta, se dá um processo de comunicação ativa e que cada planta responde de forma individual ao seu meio. Mesmo que a meta de desenvolvimento seja uma só, a trajetória de vida de cada indivíduo para atingir esta meta deverá ser apreendida em um processo de tentativa e erro (TREWAVAS, 2003). Deve-se reconhecer que esta resposta individual, que ocorre no meio ambiente natural e que poderia revelar toda a sabedoria com que a planta lida com as peculiaridades da sua vida, é normalmente ofuscada pelos testes estatísticos e o modelo altamente controlado dos experimentos de laboratório, que deixa fixo o maior número de variáveis possíveis para poder conseguir seus resultados, sacrificando para isso a complexidade real da existência do ser vegetal. Com relação ao estudo aqui apresentado, esta questão é de suma importância, pois, se o efeito do som sobre o organismo vegetal é mais do que um estímulo mecânico, como sugerem Retallack (1973), Creath & Schwartz (2004) e Sternheimer (2001), pode estar se perdendo uma grande quantidade e qualidade de informações preciosas quando se fica restrito aos testes laboratoriais com experimentos muito controlados. Esta ressalva vale também para os estímulos sonoros. Nestes próprios experimentos, pode-se perceber que um estudo controlado pode oferecer informações específicas sobre certos processos do desenvolvimento vegetal, mas dificilmente pode gerar uma imagem confiável do efeito que um dado tratamento teria sobre a mesma planta, se esta estivesse em seu meio natural. A música e os sons de um ambiente natural, como canto de pássaros, vento, chuva, etc., são fenômenos altamente complexos, dinâmicos e únicos. Já as senóides puras, constantes e de intensidade plana, são objetos sonoros totalmente artificiais, só possíveis de serem produzidos em um laboratório. Portanto, deve-se ter em mente que, mesmo que possam ser usados com fim utilitarista em aplicações de biotecnologia, se houver interesse em compreender as interações de uma planta com seu ambiente sonoro, estes estímulos simples e específicos têm importância limitada.

Efeitos do estresse ambiental foram, no passado, considerados como fatores inibidores e destrutivos. Entretanto, vê-se que um leve estresse poderia promover a assimilação celular e ser vantajoso para o crescimento das plantas (YI et al. 2003b). Tratando-se de um estresse sônico, Zhao (2003) sugere como possível explicação para este fenômeno, que o estímulo mecânico acústico transfere energia para dentro da célula. Este processo não somente impulsiona o fluxo de nutrientes, mas também afeta a estrutura e funções da membrana e assim induz várias reações fisiológicas na célula. O fato de se ter obtido em quase todos os experimentos realizados, uma resposta dos tratamentos sonoros, influenciando de forma positiva o Índice de Velocidade de Germinação (IVGc), contribui para a hipótese acima levantada. Todavia, o excesso de energia, altas amplitudes por exemplo, ou exposições longas demais, podem ser interpretadas como agressão e desencadear um processo de defesa e suspensão do desenvolvimento. O excesso de energia pode também caotizar totalmente o sistema, desestruturando suas funções.

Para ilustrar este ponto é interessante recorrer à comparação do modelo que relaciona os eventos fixos, periódicos, complexos e caóticos encontrados em Guerrini (2007) e o fenômeno observado quando água é posta em vibração em um recipiente circular e a intensidade é gradativamente aumentada (PETRAGLIA, 2005) (Fig. 46).

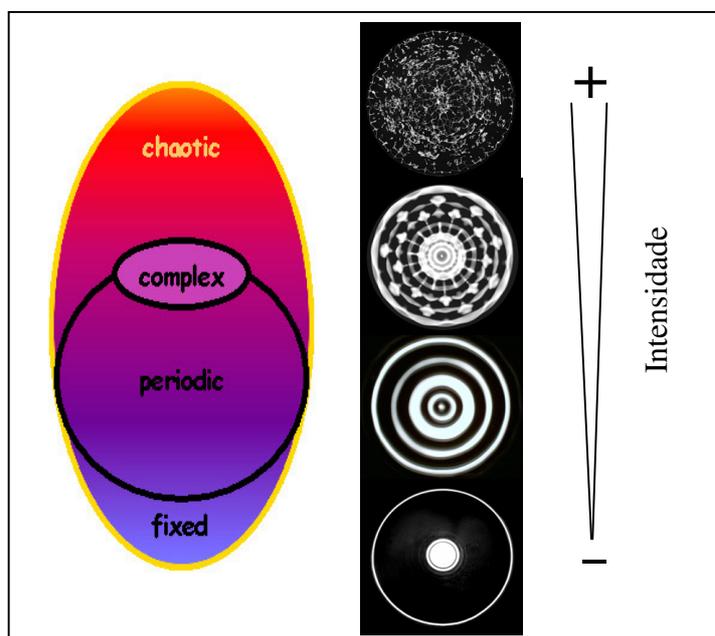


Figura 46 – Diagrama relacionando o estado dos fenômenos com formas vibratórias na água. (GUERRINI, 2007; PETRAGLIA, 2005)

Observa-se que à medida que a intensidade aumenta, as ondas se formam. Primeiramente de forma concêntrica, passando às ondas radiais, em seguida formando uma estrutura de mandala complexa e finalmente se caotizando. Como sugere Guerrini (2007), é

justamente na região dos fenômenos complexos, na vida longe do ponto de equilíbrio e no limiar do caos, que os sistemas expressam seu maior potencial de desenvolvimento e criatividade. É assim que agiriam os sistemas naturais. Pode-se imaginar que a planta com um todo e em especial a célula vegetal se comporta, portanto, de modo análogo: tomando vantagem da energia acústica até o ponto em que é capaz de integrar esta energia em seu sistema e expressa aí um pico de atividade produtiva. Quando a energia se torna excessiva, e portanto caotizadora, ela retrai sua atividade, podendo em casos extremos adentrar a região do caótico mostrado na figura 46 e ser lesada. Estas considerações mostram-se concordes com os dados observados em Zhao et al. (2003) e Yi et al. (2003a) entre outros.

Voltando à situação da planta no meio ambiente, dever-se-ia perguntar: em que medida os sons de um bioma afetam e são necessários para o desenvolvimento vegetal? Estariam estes sons de algum modo sendo a informação energética necessária ao bom desenvolvimento da flora de seu meio? Neste sentido, chama a atenção, a origem da inspiração de Carlson (1987) para desenvolver seu método “SONIC BLOOM”. Em relato para a revista Black Engineer (ROOSEVELT, 1985) ele afirma:

“Eu acredito que os pássaros atuam como “escoteiros” da natureza. Seus cantos agem como disparadores harmônicos na primavera, quebrando a dormência das sementes, do mesmo modo que as gravações musicais ativam o potencial para o crescimento das plantas. O mesmo tipo de relação vem à mente quando as aves migram no outono. Então, as plantas voltam a dormir.”

“Grilos, com seus trilos atuam da mesma forma, fazendo as plantas crescerem à noite. Agora nós vivenciamos as conseqüências da diminuição dos diferentes ressoadores no declínio das nossas florestas.”

Os fundamentos desta hipótese ousada merecem sem dúvida ser investigados. Mas vale notar aqui as implicações e conseqüências que uma visão integrada do meio ambiente tem para o conhecimento da natureza complexa.

Abordando o fenômeno por este ponto de vista, surge naturalmente a pergunta: além dos processos físico-mecânicos que atuam no nível celular e que podem ter sua qualidade alterada pela intensidade e freqüência da sonicação, quais outros meios o organismo vegetal tem para, por exemplo, diferenciar entre um som simples, como a senóide de 20 kHz e a “green music” do experimento de Qin et al. (2003)? Ou a música variada e o ruído branco do experimento de Creath & Schwartz (2004)? Ou os diversos gêneros musicais estudados por Retallack (1973)? E mesmo as diferentes qualidades dos intervalos musicais testadas no experimento II aqui realizado?

Hoje, com certa perspectiva histórica e especialmente os novos estudos sobre inteligência vegetal (TREWAVAS, 2003, 2005), é possível recontextualizar o trabalho de Retallack. Se o elemento sonoro pode ser entendido como fator significativo no meio ambiente, uma força atuante assim como os elementos químicos, a gravidade e a luz e se é reconhecida a capacidade de uma planta se posicionar neste meio ambiente buscando otimizar seu desenvolvimento, pode-se entender os resultados de Retallack como uma resposta coordenada por esta inteligência vegetal a uma qualidade vibratória do meio ambiente. Como demonstrado em estudos anteriores, a intensidade, a faixa de frequências e o conjunto de relações internas de um fenômeno musical, pode determinar uma propriedade emergente à qual a planta reage como um todo. A relação que a qualidade percebida pela planta tem com um julgamento estético humano, é sem dúvida algo que ainda deve-se estudar.

Neste sentido, chama a atenção também, o fato de que em Winberger & Graefe (1973) (ver seção 3.2.2), os autores não terem comentado os efeitos do tratamento VII, onde a melodia VI teve sua amplitude randomizada. Por se tratar da mesma melodia, mas com sua musicalidade alterada, seria interessante saber que efeito produziu. Se a resposta não foi significativa, como se poderia entender pela omissão desta informação no texto do artigo, poder-se-ia supor que a melodia desorganizada não teve a mesma ressonância com o organismo vegetal que a melodia plenamente musical.

É importante lembrar que a diferença aqui é essencialmente qualitativa, decorrente das relações internas que um fenômeno sonoro-musical carrega em si. Todos os seres humanos têm um aparato sensorio, neurológico, psicológico e cognitivo, que os permite fazer tais diferenciações e responder a partir da interação que a percepção tem com seu histórico musical e mesmo estado emocional. Mas e no caso de uma planta? Ao modo com que um ser vivente lida com seu ambiente, pode-se associar certos atos cognitivos, uma vez que esses normalmente respondem aos estímulos percebidos do seu ambiente. Desta forma poderia se sugerir uma generalização do processo mental básico a todo o universo biológico (SOUZA, 1998).

Poderiam os resultados diferentes e até em alguns casos contraditórios, sugerir que em alguma instância do seu ser, mesmo que a partir de uma consciência rudimentar, o organismo vegetal faça “escolhas” e reaja de modo individual a cada estímulo sonoro? Em um ambiente natural onde a planta tem que “gerenciar” grande número de variáveis os termos “aprendizado” e “escolhas” não seriam inadequados.

“Se existem aproximadamente 15 fatores ambientais agindo em diferentes níveis e afetando entre si sua percepção, então, a combinação de possíveis ambientes aos quais cada

indivíduo vai ter que responder, é enorme. Por isso existe a necessidade de aprendizado e não de um comportamento padronizado pré estabelecido.” (TREWAVAS, 2003)

No que tange a questão especificamente musical, entende-se que, sem atribuir ao organismo vegetal uma capacidade de processar a informação musical, que é transmitida pelo suporte físico acústico, não se tem como justificar a resposta diferenciada que se observa nos diversos experimentos que utilizaram estímulos musicais. Os experimentos de Qin et al. (2003) e Creath & Schwartz (2004) mostraram claramente isso. A grande pergunta que fica neste caso é: qual seria a relação entre a estética humana musical e o organismo vegetal e qual seria seu órgão receptor e decodificador desta informação?

A “Hipótese da Regulação Epigenética por Ressonância” de Sternheimer (2002) embora ainda careça de mais investigação, também aborda a questão pelo viés da “informação”. Mesmo que de certo modo ele atribua uma conotação estético-musical às suas Proteodes, se permitindo uma série de ajustes e interação criativa com o dado protéico (a seqüência de aminoácidos), ele se apóia numa relação quântica de ressonância entre escalas da organização da matéria, que transcende o próprio fazer cultural. Segundo sua abordagem, músicas que têm apresentado algum efeito sobre processos biológicos, por exemplo, o fato comumente citado de que a música de Mozart induz as vacas a darem mais leite (FUKAGAWA, 2005), possuem em suas linhas melódicas motivos ou frases que são partes, mais ou menos completas, de transcrições sonoras de seqüências protéicas. Portanto, no seu entender, não se trata de uma apreciação estética, mas de uma interação de ondas. Aqui, a informação atinge diretamente o nível molecular via ressonância por oitavas, que conectam o macro e o microcosmo.

Para que se possa validar tal hipótese, mais experimentos devem ser realizados e sua base teórica deve ser melhor esclarecida. Por suas implicações, caso seja comprovada, poderá produzir a uma grande transformação na compreensão das relações entre a física, a biologia, a estética musical e a consciência humana. Poderá produzir também importantes aplicações na agricultura e na saúde, podendo substituir a utilização de agentes químicos por tratamentos sônicos.

Ao chegar ao final deste estudo, reconhece-se que se tem muito mais perguntas que respostas. Pode-se também vislumbrar toda uma gama de experimentos que podem ajudar a compreender a problemática da interação do fenômeno acústico com o mundo vegetal. Especialmente experimentos que enfoquem a questão da comunicação e processamento da informação no organismo vegetal serão extremamente interessantes pois, podem revelar camadas insuspeitas da grande teia da vida na natureza.

7. CONCLUSÃO

Por ora, registra-se algumas conclusões que poderão servir de base para a continuidade deste trabalho. Dentro da proposta deste estudo, estas conclusões se baseiam tanto nos dados levantados na revisão bibliográfica, quanto nos resultados dos experimentos realizados.

- 1- Um organismo vegetal pode ser afetado em seu desenvolvimento por um estímulo sonoro.
- 2- A resposta de um organismo vegetal é sensível à frequência e intensidade do estímulo.
- 3- O tempo de exposição e o momento do desenvolvimento vegetal onde o estímulo ocorre, parecem ser aspectos determinantes para a resposta.
- 4- O estímulo sonoro tem um caráter bidirecional, podendo tanto contribuir quanto inibir o desenvolvimento vegetal.
- 5- Organismos vegetais parecem ter a capacidade de reconhecer e responder a sons organizados sob forma de música.
- 6- Falta ainda uma visão ecológica que integre plenamente o elemento sonoro nos processos da natureza.
- 7- Até o presente momento, não se tem uma teoria geral ou hipótese que esclareça satisfatoriamente o fenômeno da interação som/planta.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKYEAMPONG, D. A. et al. **Declaração de Veneza**, 1986. Disponível em:
<http://www.ouviroevento.pro.br/index/carta_da_transdisciplinabilidade.htm#Declaracao%20de%20Veneze> Acesso em 20 out. 2007.
- APEL, W. **Harvard dictionary of music**. Cambridge: Harvard University Press, 1945. 827p.
- BENADE, A.H. **Fundamentals of musical acoustics: the simplest musical implication of characteristic**. 2.ed. New York: Dover Publications, 1976. p.50-69.
- BOCHU, W. et al. Biological effect of sound field stimulation on paddy rice seeds. **Col. Surf. B. Bio.** 32 p.29-34. 2003.
- BOCHU, W. et al. Soundwave stimulation triggers the content change of the endogenous hormone of the *Chrysanthemum* mature callus. **Col. Surf. B. Bio.** 37 p.107-112. 2004.
- BOCHU, W. Carrot cell growth response in a stimulated ultrasonic environment. **Col. Surf. B. Bio.** 12 p.89-95. 1998.
- BONY, E. La musique et les plantes. **Nouvelles Cles**, n.14, 1997. Disponível em:
<<http://www.bekkoame.ne.jp/~dr.fuk/MusiquePlantesNC.html>>. Acesso em: 17 ago. 2006.
- CARLSON, D. Process for treating plants. US Patent 4680889. 1987. Disponível em:
<<http://v3.espacenet.com/origdoc?DB=EPODOC&IDX=US4680889&F=0&QPN=US4680889>> Acesso em: 10 ago. 2006.
- CHUANREN, D. et al. Effect of chemical and physical factors to improve the germination rate of *Echinacea angustifolia* seeds. **Col. and Surf. B Bio.** 37, p. 101-105, 2004.
- COGHLAN, A. Good vibrations give plants excitations. **New Sci.**, p.16, 1994.
- CREATH, K.; SCHWARTZ, G.E. Measuring effects of music, noise and healing energy using a seed germination bioassay. **Altern. Complement. Med.**, v.10, p.113-122, 2004.
- DANIÈLOU, A. **Music and the power of sound** – the influence of tuning and interval on consciousness. Inner Traditions, Rochester, Vermont, 1995, p.4-9, 1995.
- DOORNE, Y. V.; CHAPPUIS, V. The effects of sound on living organisms: applications in agriculture. 2002. Disponível em:
<<http://user.belgacom.net/gc681999/onderwerpen/info/ecosonic.htm>>. Acesso em: 10 ago. 2006.
- ELLIS, A. J.. The history of musical pitch in Europe: in HELMHOLTZ, H. **On the sensation of tone**. New York, Dover Publications, p.493-513, 1954.
- FERNANDES, M. D. **Método clínico na medicina antroposófica e a clínica foniátrica: o homem em sua complexidade**. 2006, 244p. Dissertação de Mestrado – Pontifícia

Universidade Católica de São Paulo.

FERRANDIZ, P. Procédé de "Régulation Épigenétique de la Synthèse Protéique": Essai en Panification. Disponível em: <<http://www.bekkoame.ne.jp/~dr.fuk/Pain.Pedro.html>> Acesso em: 25 nov 2006.

FUCAGAWA, Y. What will happen to milking cows that listen to the radio? - the reason why they can do "good work" with favorite Mozart. 2005. Disponível em <<http://www.bekkoame.ne.jp/~dr.fuk/Series5E.html>> Acesso em: 10 out. 2007.

GUERRINI, I. A. et al. **Nas asas do efeito borboleta**. Fepaf, Botucatu. 2007.

HADAS, A. Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solutions. **J. Exp. Bot.**, 27:480-9, 1976.

JACKENDOFF, R.; LERDAHL, F. The capacity for music: What is it, and what's special about it? **Cognition**, doi:10.1016/j.cognition. 2005.11.005

JENNY, H. **Cymatics**. Basel: Bassilius Presse, 1967. v.1, 183p.

JENNY, H. **Cymatics**. Basel: Bassilius Presse, 1974. v.2, 185 p.

JEONG, M. J. et al. Plant gene responses to frequency-specific sound signals. **Mol. Breeding** DOI 10.1007/s11032-007-9122x 2007.

KEPLER, J. **Welt-Harmonik**, R.Oldenbourg Verlag, Munique, 1971.

KLEIN, R.M.; EDSALL, P.C. On the reported effects of sound on the growth of plants. **Bioscience**, v.15, p.125-126, 1965.

LAUTERWASSER, A. **Wasser klang bilder**. Aarau: AT Verlag, 2002. 168p.

LEVIT, J. Responses of plants to enviromental stresses. Academic Press, New York, 1980, p.3-20.

MARZ, J. **Behandlungsmonochord**, Disponível em <<http://www.naturtonmusik.ch/pages/klangmoebel.html>> Acesso em 20 mai 2007.

MEASURES, M.; WEINBERGER, P. Effects of an audible sound frequency on total amino acids and major free alcohol soluble amino acids of Rideau wheat grain. **Can. J. Plant. Sci.**, v.53, p.737-742, 1970

MERCIER, H. **Germinação de sementes**. Disponível em <http://felix.ib.usp.br/bib131/texto1/texto1.htm> Acesso em 15 ago 2006.

MORIN, E. et al.. **Carta da transdisciplinaridade**, 1994, Disponível em <http://www.ouviroevento.pro.br/index/carta_da_transdiscipliradidade.htm#Carta%20da%20Transdisciplinaridade> Acesso em: 20 out. 2007.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. 1999. 218p.

- PELLING, A. E. et al. Local Nanomechanical Motion of the Cell Wall of *Saccharomyces cerevisiae*. **Science**, Vol. 305. no. 5687, pp. 1147 – 1150, 20 August 2004.
- PETRAGLIA, M. S. **Figuras Sonoras – o fenômeno da interação vibração substância**. CDRom OuvirAtivo, Botucatu, 2005.
- PETRAGLIA, M. S.; FERREIRA, G. A ação de seqüências sonoras sobre a germinação de sementes de *Phaseolus vulgaris* L.. In: 58º Congresso Nacional de Botânica, 2007. São Paulo Brasil, 2007.
- QIN, Y. C. et al. Biochemical and physiological changes in plants as a result of different sonic exposures. *Ultrasonics* 41 p.407-411. 2003.
- RETALLACK, D. **The sound of music and plants**. Marina del Rey: DeVors & Co., 1973. 96p.
- ROOSEVELT, E. K. Sound Nutrition: Will Music Eliminate World Hunger? - **Black Engineer**, Summer 1985 Disponível em <<http://www.sonicbloom.com/blackengineer.htm>> Acesso em: 10 mar. 2008.
- RENOLD, M. **Von intervallen, tonleitern, tönen und dem kammerton c=128 hertz**. Dornach, Verlag am Goetheanum, 1992. p.45-73.
- RULAND, H. **Ein weg zur erweiterung des tonerlebens: musikalische tonkunde am monochord**. Basel: Verlag Die Pforte, 1981. 294p.
- SACKS, O. **Alucinações Musicais**, Companhia das Letras, São Paulo, 2007. 360p.
- SCHOPENHAUER, A. **O mundo como vontade e como representação**, Ed. UNESP, São Paulo, p.336-350, 2005.
- SCHAFER, R. M. The soundscape. Destiny Books, Rochester 1994, p.116.
- SILVA, J. B. C.; NAKAGAWA, J. Estudo de fórmulas para cálculos da velocidade de germinação. **Informativo ABRATES**, Londrina, v 5, n.1, p.62-73, 1995.
- SOUZA et al. Influência de diferentes freqüências de som audível no crescimento de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) In: 42ª Reunião Anual da SBPC, 1990. Porto Alegre, 1990. p. 180-181.
- SOUZA, G. M. A natureza das formas biológicas : a atuo-organização e a cognição formadoras. In: Encontro com as Ciências Cognitivas. V. 2. 1998 Campinas. p.49-67.
- STERNHEIMER, J Method for the musical modelling of elemental particles and applications European Patent Office, Publication number: FR2541024 1984. Disponível em: <<http://v3.espacenet.com/results?sf=n&DB=EPODOC&PGS=10&CY=ep&NUM=FR2541024A1&LG=en&ST=number>> Acesso em: 15 set 2006
- STERNHEIMER, J. Method for the regulation of protein biosynthesis. European Patent Office. Publication number: US2002177186, FR2691976. 2002. Disponível em:

<<http://v3.espacenet.com/textdoc?DB=EPODOC&IDX=US2002177186&F=0>>. Acesso em: 10 ago. 2006.

STERNHEIMER, J. et al.. Regulation épigénétique de la biosynthèse des protéines appliquée à la culture de fruits et légumes: compte-rendu d'exérence en jardin potager. 1993.

Disponível em: <<http://www.bekkoame.ne.jp/~dr.fuk/TomateFranceF.html>>. Acesso em: 10 ago. 2006.

STERNHEIMER, J.; E-mail pessoal em resposta ao convite para uma palestra. 2001

Disponível em <http://members.aol.com/jmsternhei/faq.htm> Acesso em 20 de Set. 2006.

SWISS-PROT. <http://ca.expasy.org/uniprot/Q9ZP43> Acesso em 3 de Out. 2006

TOMPKINS, P.; BIRD, C. **A vida secreta das plantas**: a vida harmônica das plantas. 4.ed. Rio de Janeiro: Expressão e Cultura, 1977. p.138-153.

TREWAVAS, A. Aspects of plant intelligence, **Annals of Botany** 92. 1-20, 2003

TREWAVAS, A. Green plants as intelligent organisms. **Trends ins Plant Science** v.10, n. 9, set 2005 p.413-419.

ULMANN, D. **Chladni und die entwicklung der akustik von 1750-1860**. Basel: Birkhäuser Verlag, 1996. 237p.

VIGH, L. et al. The primary signal in the biological perception of temperature: Pd-catalyzed hydrogenation of membrane lipids stimulated the expression of the desA gene in *Synechocystis* PCC6803. *Proc. Nat. Acad. Sci USA*, v. 90 out 1993 p. 9090-9094.

WEINBERGER, P.; BURTON, C. The effects of sonication on the growth of some tree seeds. **Can. J. For. Res.**, v.11, p.840-844, 1981.

WEINBERGER, P.; DAS, G. The effects of an audible and low ultrasound frequency on the growth of synchronized cultures os *Scenedesnus obtusiusculus*. **Can. J. Bot.**, v.50, p.361-366, 1972.

WEINBERGER, P.; GRAEFE, U. The effects of variable frequency sounds on plant growth **Can. J. Bot.**, v.51, p.1851-1856, 1973.

WEINBERGER, P.; MEASURES, M. Effects of the intensity of audible sound on the growth and development of Rideau winter wheat. **Can. J. Bot.**, v.57, p.1036-1039, 1978.

YANG et al. Biological effects of *Actinidia chinensis* callus on mechanical vibration. **Col. and Surf. B Bio.** 25, p. 197-203, 2002.

YI et al. Effect os sound stimulation on growth and plasmalemma H⁺-ATPase activity of chrysanthemum (*Gerbera jamesonii*). **Col. and Surf. B Bio.** 27, p. 65-69, 2003a.

YI et al. Influence of sound wave on the microstructure of plasmalemma of chrysantemum roots. **Col. and Surf. B Bio.** 29, p.109-113, 2003b.

ZHAO et al. Effect of stimulation on *Dendranthema morifolium* callus growth. **Col. and Surf. B Bio.** 29, p.143-147, 2003.

Bibliografia complementar

ALBERTS, B.; BRAY, D.; JOHNSON, A. **Fundamentos da biologia celular:** componentes químicos das células. 2.ed. Porto Alegre: ArtMed, 2004. p.39-81.

CHABRIS, C.F. Prelude or requiem for the "Mozart effect"? **Nature**, v.400, p.826-827, 1999.

HAGESETH, G.T. Effect of noise on the mathematical parameter that describe isothermal seed germination. **Plant Physiol.**, v.53, p.641-643, 1974.

JANATA P. et al. The cortical topography of tonal structure underlying Western music. **Science**, v.298, p.2167 - 2170, 2002.

KIRCHGAESSER, U. Die lebendigen auf der spur: pflanzenzüchtung und musik. **Infobrief Saatgutfonds**, v.2, p.1-3, 2006.

MAMAN, F. **The role of music in the twenty-first century.** Redondo Beach: Tama-do Press, 1997. 118p.

PELLING, A. E. et al.. Time dependence of the frequency and amplitude of the local nanomechanical motion of yeast. **Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine.** v.1, n.2, p. 178-183, jun. 2005.

PELLING, A. E.; GIMZEWSKI, J. **The Singing Cell.** Disponível em: <<http://users.design.ucla.edu/~aniemetz/darksideofcell/bg.html>> Acesso em: 10 set. 2007.

RAUCHER, F.H. Prelude or requiem for the "Mozart effect".(resposta). **Nature**, v.400, p.827-828, 1999.

SHELDRAKE, R. A New Science of Life. Park Street Press, Rochester. 1981. 272p.

STERNHEIMER, J. Interactions non-nocales dans l'expression des genes. Disponível em: <<http://www.bekkoame.ne.jp/~dr.fuk/InterNonlocF.html>>. Acesso em: 17 ago. 2006.