



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Engenharia Eletrônica

Sistema de Recomendação Musical com base em Parâmetro Fisiológico: Frequência Cardíaca

Autor: Daniel de Paiva Rath
Orientador: Prof. Dr. Adson Ferreira da Rocha

Brasília, DF
2021



Daniel de Paiva Rath

Sistema de Recomendação Musical com base em Parâmetro Fisiológico: Frequência Cardíaca

Monografia submetida ao curso de graduação em (Engenharia Eletrônica) da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em (Engenharia Eletrônica).

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: Prof. Dr. Adson Ferreira da Rocha

Brasília, DF

2021

Daniel de Paiva Rath

Sistema de Recomendação Musical com base em Parâmetro Fisiológico:
Frequência Cardíaca/ Daniel de Paiva Rath. – Brasília, DF, 2021-
47 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Adson Ferreira da Rocha

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA , 2021.

1. Sistema de recomendação musical. 2. Produtividade. I. Prof. Dr. Adson
Ferreira da Rocha. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama.
IV. Sistema de Recomendação Musical com base em Parâmetro Fisiológico:
Frequência Cardíaca

CDU 02:141:005.6

Daniel de Paiva Rath

Sistema de Recomendação Musical com base em Parâmetro Fisiológico: Frequência Cardíaca

Monografia submetida ao curso de graduação em (Engenharia Eletrônica) da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em (Engenharia Eletrônica).

Trabalho aprovado. Brasília, DF, 19 de maio de 2021:

Prof. Dr. Adson Ferreira da Rocha
Orientador

**Profa. Dra. Suélia de Siqueira
Rodrigues Fleury Rosa**
Convidado 1

Prof. Dr. Mario Fabricio Fleury Rosa
Convidado 2

Brasília, DF
2021

Resumo

Ao longo da história, diversas aplicações se deram a partir do estudo da música e sua correlação com diversas áreas do conhecimento. Sabe-se que o gosto musical é algo subjetivo, que varia de indivíduo a indivíduo. Por outro lado, à medida em que se havia aprofundamento em conceitos, mais aspectos objetivos foram sendo destacados. A partir do conhecimento da natureza física do som, compreendeu-se melhor as relações entre as notas musicais. Compreendeu-se que há conjuntos de sons tocados simultaneamente - acordes - que soam agradavelmente (consonantes) e, outros, dissonantemente. A partir de avanço nos conhecimentos matemáticos, em especial com relação à progressão geométrica, na Idade Média foi criado o sistema acústico (escala musical) temperado, base da música ocidental até os dias de hoje. Posteriormente, a partir da análise de Fourier, compreendeu-se melhor o que causa a diferença entre o som de um instrumento e outro; e isso foi a base para a criação dos instrumentos virtuais, aplicação muito utilizada atualmente. Paralelamente a isso, viu-se uma crescente nos estudos acerca da relação entre a música e reações fisiológicas. Atribui-se à música influência na alteração dos estados emocionais, bem como relaxamento. Tem-se relatos da utilização dela para aliviar o estresse pré e pós operatório, possibilitando a redução de doses de medicamentos como ansiolíticos e sedativos. Tem-se também a ocorrência de influência positiva na prática de atividades físicas e esportes, como estimulante. Outra importante área na qual ela tem sido explorada como aplicação, é na produtividade. A partir do conceito de mascaramento sonoro - aplicação de um som de fundo a fim de se reduzir os efeitos distrativos referentes a ruídos de fundo - a música pode ser uma importante ferramenta para a redução de distrações no trabalho. Vê-se também o desenvolvimento de sistemas de reprodução musicais com características cada vez mais personalizadas a cada usuário. Diante de tão vasta gama de aplicações, e sendo essas em áreas tão distintas, necessita-se de clara compreensão de quais características musicais estão relacionadas a cada um desses usos distintos. O presente trabalho busca apresentar tais fundamentos e traz a implementação de um sistema de recomendação musical baseado em parâmetro fisiológico: frequência cardíaca, projetado para aplicações no âmbito da produtividade. Espera-se que tais recomendações personalizadas, fundamentadas na bibliografia apresentada, contribuam para a redução de distrações e aumento da produtividade no trabalho.

Palavras-chaves: Sistema de recomendação musical. Produtividade.

Abstract

Throughout history, several applications have been made from the study of music and its correlation with different areas of knowledge. It is known that musical taste is something subjective, which varies from individual to individual. On the other hand, as there was a deepening of concepts, more objective aspects were highlighted. From the knowledge of the physical nature of sound, the relationships between musical notes were better understood. It was understood that there are sets of sounds played simultaneously - chords - that sound pleasantly (consonants) and, others, dissonantly. Based on advances in mathematical knowledge, especially in relation to geometric progression, in the Middle Ages the tempered acoustic system (musical scale) was created, the basis of Western music until today. Subsequently, from the Fourier analysis, it was better understood what causes the difference between the sound of one instrument and another; and that was the basis for the creation of virtual instruments, an application widely used today. Parallel to this, there has been an increase in studies on the relationship between music and physiological reactions. Music is attributed to influence in the alteration of emotional states, as well as relaxation. There are reports of its use to relieve pre- and postoperative stress, making it possible to reduce doses of medications such as anxiolytics and sedatives. There is also a positive influence on the practice of physical activities and sports, as a stimulant. Another important area in which it has been explored as an application is in productivity. Based on the concept of sound masking - application of a background sound in order to reduce distracting effects related to background noise - music can be an important tool for reducing distractions at work. We can also see the development of musical reproduction systems with increasingly personalized characteristics for each user. In view of such a wide range of applications, and these being in such different areas, a clear understanding of which musical characteristics are related to each of these distinct uses is needed. The present work seeks to present these fundamentals and implements a musical recommendation system based on a physiological parameter: heartbeat, designed for applications in the scope of productivity. Such personalized recommendations, based on the presented bibliography, are expected to contribute to reducing distractions and increasing productivity at work.

Key-words: Music recommendation system. Productivity

Lista de ilustrações

Figura 1 – Gráfico de amplitude da onda sonora em função do tempo, de uma mesma nota tocada por diferentes instrumentos. Legenda: “a’ corresponde à forma de onda de um diapásão; “b”: violão; “c”: clarinete; “d”: oboé. Fonte: WUENSCHÉ 2005	4
Figura 2 – Somatório de senóides com diferentes amplitudes e frequências resultando em uma forma de onda complexa. Fonte: WUENSCHÉ 2005	4
Figura 3 – Gráfico de amplitudes e frequências de uma mesma nota tocada por diferentes instrumentos - análise de Fourier das ondas. Fonte: WUENSCHÉ 2005	5
Figura 4 – Notas do compasso 50 da Sonata ao Luar: na partitura e sendo tocadas no piano. Fonte: CLAIR 2014	6
Figura 5 – Notas do compasso 52 da Sonata ao Luar: na partitura. Fonte: BETHOVEN 1801	7
Figura 6 – Acima, o gráfico da amplitude pelo tempo da primeira tríade do compasso 50 da Sonata ao Luar; abaixo, o gráfico das notas si e dó tocadas simultaneamente. Fonte: CLAIR 2014	7
Figura 7 – À esquerda são ilustrados os intervalos uma oitava em uma partitura; à direita de quinto grau. Fonte: NEELY 2017	8
Figura 8 – Frações do comprimento, com relação a uma constante inicial “c” de uma corda para se obter as oito notas de uma escala musical. São destacados em cor azul os intervalos consonantes. Fonte: PEREIRA 2013	9
Figura 9 – Razão entre os intervalos de duas notas sucessivas na escala Pitagórica. Fonte: PEREIRA 2013	10
Figura 10 – Valor do "coma pitagórico". Fonte: ORTA 2000	10
Figura 11 – P.G. correspondente à escala temperada. Fonte: PEREIRA 2013	10
Figura 12 – Cálculo do valor dos termos da P.G. Fonte: PEREIRA 2013	11
Figura 13 – Sensores utilizados para medições.	16
Figura 14 – Escala Likert de seis pontos. Fonte: PODIO 2016	16
Figura 15 – FC: valores médios –amplitude interquartil: grau de espalhamento de dados a partir da média em participantes ao ouvirem diferentes tipos musicais. Fonte: KRABS et al. 2015	17
Figura 16 – VFC: desvio padrão médio da variação da FC em participantes ao ouvirem diferentes tipos musicais. Fonte: KRABS et al. 2015	17
Figura 17 – GSR: valores médios – amplitude interquartil: grau de espalhamento de dados a partir da média em participantes ao ouvirem diferentes tipos musicais. Fonte: KRABS et al. 2015	18

Figura 18 – FC: valores médios – amplitude interquartil: grau de espalhamento de dados a partir da média em participantes ao ouvirem músicas em diferentes andamentos. Fonte: KRABS et al. 2015	19
Figura 19 – VFC: desvio padrão médio da variação da FC em participantes ao ouvirem músicas em diferentes andamentos. Fonte: KRABS et al. 2015	20
Figura 20 – FC: valores médios – amplitude interquartil em indivíduos saudáveis e pacientes com Crohn. Fonte: KRABS et al. 2015	21
Figura 21 – VFC: desvio padrão médio da variação da FC em indivíduos saudáveis e pacientes com Crohn. Fonte: KRABS et al. 2015	22
Figura 22 – Relação observada entre a frequência cardíaca de exercício e a preferência média de andamento musical. Fonte: KARAGEORGHIS et al. 2011	24
Figura 23 – Relação observada entre a preferência de andamento e intensidade do exercício (FCres). Fonte: KARAGEORGHIS et al. 2011	25
Figura 24 – Projeção de crescimento do mercado de aplicativos de negócio e produtividade entre 2013 e 2016. Fonte: PAPPAS 2014	27
Figura 25 – Interdisciplinaridade de áreas do projeto	29
Figura 26 – Diagrama de Integração do Sistema	30
Figura 27 – Mi Band 2 Fonte: XIAOMI 2020	31
Figura 28 – Ableton Live Fonte: ABLETON 2020	32
Figura 29 – Interface gráfica do Sistema de Recomendação Musical	33
Figura 30 – Ícones e funcionalidades do Sistema de Recomendação Musical	33
Figura 31 – Relação - Músicas utilizadas, andamento e termo correspondente	44
Figura 32 – Sons musicais, ruído semelhante a música - relação de músicas, autores, e respectivo andamento. Fonte: KRABS et al. 2015	46
Figura 33 – Termos Musicas - Andamento. Fonte: MUSICCA 2021	47

Lista de tabelas

Tabela 1 – Atributos do som. Fonte: BENSON 2008	3
Tabela 2 – Tempo desperdiçado por funcionários por semana. Fonte: SALARY 2012	26

Lista de abreviaturas e siglas

bpm	Batidas por minuto
ECG	Eletrocardiograma
FC	Frequência Cardíaca
FCres	Frequência cardíaca de reserva
FGA	Faculdade do Gama
FR	Frequência Respiratória
PA	Pressão Arterial
GSR	Resposta galvânica da pele
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
UnB	Universidade de Brasília
VFC	Variabilidade da Frequência Cardíaca

Sumário

1	INTRODUÇÃO E FUNDAMENTOS TEÓRICOS	1
1.1	Contextualização	1
1.2	A natureza física do som	2
1.3	Consonância e Dissonância	6
1.4	Sistemas acústicos - escalas musicais	8
1.5	Desenvolvimento de aplicações no passado	11
2	A MÚSICA E AS REAÇÕES FISIOLÓGICAS	12
2.1	Panorâmica histórica	12
2.2	Aplicações atuais	13
2.3	Diferenças metodológicas	14
2.4	Sons musicais, ruído semelhante a música e tons isocrônicos – resposta do SNA	15
2.5	Mudanças no andamento de diferentes peças musicais – resposta do SNA	19
2.6	Respostas do SNA a estímulos musicais em indivíduos doentes ou saudáveis	20
2.7	Demais considerações	22
2.8	Relação entre andamento musical e FC enquanto preferência, em aplicações	23
3	MÚSICA E PRODUTIVIDADE	26
4	ARQUITETURA DO PROJETO	29
4.1	Sistemas de Recomendação	29
4.2	Integração do Sistema	30
4.3	Restrições e Metas Arquiteturais	31
5	DESCRIÇÃO DE FUNCIONALIDADES DO SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO MUSICAL	33
6	CONCLUSÃO	35
	REFERÊNCIAS	37

APÊNDICES	43
APÊNDICE A – PRIMEIRO APÊNDICE	44
ANEXOS	45
ANEXO A – PRIMEIRO ANEXO	46
ANEXO B – SEGUNDO ANEXO	47

1 Introdução e Fundamentos Teóricos

O presente capítulo apresenta discussões sobre a natureza física do som, conceitos de consonância, criação de escalas musicais e a descrição de aplicações criadas no passado.

1.1 Contextualização

A música e as reações por ela elicitadas têm sido objetos de estudo ao longo da história, já na Grécia Antiga (BENSON, 2008), que nos legou estudos acerca das características físicas do som. Com base nesses conhecimentos prévios, na Idade Média, foram aprofundados os estudos sobre as características que estavam relacionadas com a sensação de agradabilidade ao se ouvir um conjunto de sons que soam simultaneamente - o acorde musical. A partir daí, surgiram diversas aplicações, o que inclui o desenvolvimento do sistema de escala musical no qual é fundamentada a música ocidental desde essa época (BENSON, 2008).

Além de estar presente no cotidiano das pessoas, a música também é utilizada em contextos específicos. Atualmente, têm sido destaque os estudos acerca das reações fisiológicas resultantes da música. Já há relatos, em revistas científicas, de que é possível a observação de efeitos produzidos pela música na modulação de funções cardíacas e neurológicas, bem como a possibilidade de que a música possa ser utilizada para aliviar o estresse (CERVELLIN; LIPPI, 2011). A partir desses novos estudos, surgem novas aplicações, como, por exemplo, a utilização da música para aliviar o estresse pré e pós operatório, possibilitando a redução de doses de medicamentos como ansiolíticos e sedativos (KOELSCH, 2015).

De acordo com (HARVARD, 2018), não há outro estímulo que envolva simultaneamente diversas áreas do cérebro de forma tão ampla quanto a música, podendo inclusive desencadear emoções dentro de nós (AHTISAARI, 2015). E a mudança nos estados emocionais são, de forma geral, acompanhados por alterações no funcionamento do coração: quando se está animado e feliz, por exemplo, tem-se o aumento da pressão arterial e da frequência cardíaca (KARANAM, 2015). Assim como em outros estímulos que possam levar a sensações de prazer, ela pode desencadear a liberação de dopamina, que é um neurotransmissor ligado às sensações de motivação e recompensa. Há estudos que apontam tais benefícios inclusive no caso de escuta passiva (MUNIZ, 2015).

Diversas publicações embasadas em experimentos, têm mostrado que: a música de fundo pode afetar o comportamento das pessoas no local de trabalho (SHIH; HUANG; CHIANG, 2009); a atenção do ouvinte é influenciada pela música de fundo (HUANG;

SHIH, 2011); a música pode levar a um aumento na produtividade, estando o indivíduo menos sujeito a distrações (FLOWERS, 2001).

Considerando-se tal cenário, propõe-se a criação de um sistema de recomendação musical cujo objetivo primário é o aumento na produtividade. O gênero musical escolhido no presente trabalho será, predominantemente, a música erudita (CHOU, 2010), e deverá haver a sugestão de música de forma personalizada, com base na frequência cardíaca do usuário. Assim, espera-se melhorar a concentração e a atenção na realização de tarefas no contexto do trabalho.

Nas seções seguintes deste capítulo serão discutidos os fundamentos teóricos; nos capítulos seguintes, os tópicos: Música e as Reações Fisiológicas, Música e Produtividade e Arquitetura da solução.

1.2 A natureza física do som

O som consiste em vibrações do ar (BENSON, 2008). O ar é constituído por moléculas que exercem pressão, uma sobre as outras. Quando um objeto vibra, são causadas ondas, resultantes dos subsequentes aumentos e diminuições da pressão do ar no local, que se propagam. Assim, uma onda sonora é caracterizada como o efeito de perturbação que se propaga de um ponto a outro em um meio de transmissão.

Oscilações harmônicas podem produzir ondas harmônicas, percebidas pelo ouvido como sons. O intervalo de frequências audíveis, limitado pelo ouvido humano, é de aproximadamente 20 Hertz até 20 kHz (NUSSENZVEIG, 2013). As ondas harmônicas são assim chamadas, porque a perturbação sonora, em um determinado instante, corresponde à soma de diversas oscilações harmônicas simples, ou seja, a soma de várias ondas senoidais.

A fim de compreendermos o efeito de propagação dessa onda, necessita-se de uma função que represente matematicamente tal forma de onda. O perfil dela, apresentado na equação 1.1 é, como em um oscilador harmônico simples, uma função senoidal (HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2008):

$$y(x, t) = Y_m \times \cos(kx - wt) \quad (1.1)$$

A equação 1.1 é composta dos seguintes termos: " Y_m ", que corresponde à amplitude; " k ", ao número de onda (grandeza física inversamente proporcional ao comprimento de onda); e " w ", que é a frequência angular e é a medida do número de oscilações da onda em um período de tempo (PEREIRA, 2013).

Uma onda sonora apresenta determinados atributos físicos que afetam diretamente a maneira como ela é apresentada: a maneira que é percebida pelas pessoas. Alguns desses

atributos físicos são: a amplitude, a frequência, a duração e o timbre, os quais estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Atributos do som. Fonte: [BENSON 2008](#)

Físicos	Perceptíveis
Amplitude	Intensidade
Frequência	Altura
Duração	Comprimento
Espectro	Timbre

A amplitude de um som está relacionada à percepção de intensidade, ou volume sonoro. Quanto maior é a amplitude da onda, maior é a variação de pressão causada por tal perturbação ([LAZZARINI, 1998](#)). A frequência está relacionada ao comprimento de onda a partir da relação apresentada na equação 1.2.

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (1.2)$$

Na equação 1.2, “ λ ” é o comprimento de onda, “ v ” a velocidade da luz no ar e “ f ” é a frequência da onda. A frequência está relacionada à nossa percepção de altura de um som, ou seja, se ele é grave ou agudo. Vale ressaltar que, comumente, confunde-se os conceitos de altura e intensidade; entretanto, o volume de um som é o que está relacionado à intensidade; e a frequência, à altura.

A duração de uma onda sonora está relacionada à nossa percepção de tempo: se o som foi breve ou longo.

Esses três aspectos consistem em representações no domínio temporal; o último, o timbre, consiste em uma representação da onda no domínio das frequências espectrais.

O timbre é o que nos faz diferenciar o som de um violão do som de um clarinete, por exemplo. A Figura 1, apresenta o gráfico com as formas de ondas de diferentes instrumentos: diapasão, que apresenta uma função de onda que se assemelha à de uma senóide; violão, clarinete e oboé.

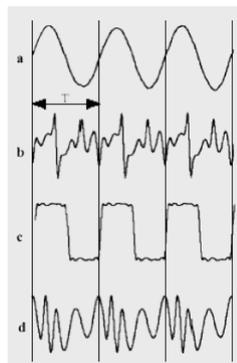


Figura 1 – Gráfico de amplitude da onda sonora em função do tempo, de uma mesma nota tocada por diferentes instrumentos. Legenda: “a” corresponde à forma de onda de um diapasão; “b”: violão; “c”: clarinete; “d”: oboé. Fonte: [WUENSCHÉ 2005](#)

Observa-se que as formas de ondas dos instrumentos diferem-se bastante da senoide correspondente ao diapasão. Entretanto, as formas de onda mais complexas nada mais são do que o somatório de senoídes, com diferentes amplitudes e frequências, como apresentado na Figura 2 ([WUENSCHÉ, 2005](#)).

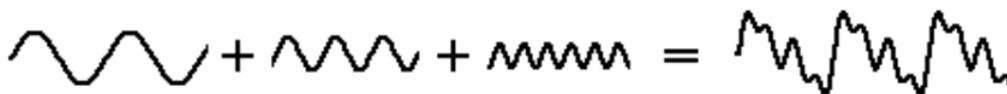


Figura 2 – Somatório de senoídes com diferentes amplitudes e frequências resultando em uma forma de onda complexa. Fonte: [WUENSCHÉ 2005](#)

Tal relação entre senoídes simples e formas de ondas complexas, assim como o fato de uma corda vibrar com um número diferente de frequências ao mesmo tempo intrigaram Fourier. Conseqüentemente, ele desenvolveu um método de análise - que leva o seu nome - que nos permite entender tais relações.

A análise de Fourier causou grandes impactos em diversas áreas, como a física, química, matemática e na engenharia. No caso da acústica, foi por meio dela, que passou a ser possível a observação das relações entre amplitude e frequência espectral. Aplicando tal análise aos gráficos presentes na Figura 1, obtém-se o gráfico da Figura 3.

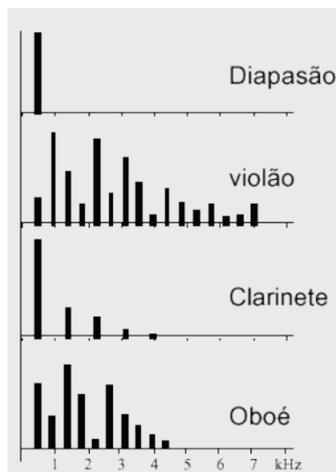


Figura 3 – Gráfico de amplitudes e frequências de uma mesma nota tocada por diferentes instrumentos - análise de Fourier das ondas. Fonte: [WUENSCHÉ 2005](#)

Por meio de tal análise, percebe-se como as amplitudes no domínio das frequências espectrais determinam a forma de onda de cada instrumento e, conseqüentemente, o seu timbre.

Vale ressaltar que cada senóide corresponde a apenas um componente do espectro em frequência. A componente “a” do gráfico de amplitude pelo tempo, da Figura 1, apresenta o formato de onda do som de um diapasão, que corresponde a uma senóide. Na Figura 3, observa-se que o formato de onda do diapasão apresenta apenas um componente, quando analisado o seu espectro em frequência; isso se dá, pelo fato de cada componente desse espectro representar uma frequência. Como o som do diapasão apresenta apenas uma frequência, seu espectro apresenta apenas uma componente.

Embora todos os instrumentos representados nos gráficos das Figuras 1 e 3 estejam tocando a mesma nota, o espectro em frequência de cada instrumento é bastante diferenciado. Isso ocorre, pois, quando se toca uma nota em um instrumento, não se ouve apenas o som de seu componente em frequência isoladamente (frequência fundamental), ouve-se também o som de seus componente parciais (harmônicos). Por exemplo, ao se tocar a nota de frequência 440Hz em um piano, ouve-se também o som das cordas correspondentes às seguintes componentes parciais: 880 Hz, 1320 Hz, 1760 Hz, entre outras ([BENSON, 2008](#)). Isso é facilmente observado quando realizamos o seguinte experimento:

Ao se tocar uma nota no piano, e, imediatamente após, abafar a corda correspondente a ela – pressionando-a com o dedo, por exemplo –, observar-se-á que o som não cessará completamente. Isso se dá, porque, ao se tocar a nota, vibram também as cordas correspondentes aos seus harmônicos, que continuam soando após ter-se abafado o som da corda correspondente à frequência fundamental; o som que se continuará ouvindo corresponde às frequências parciais.

Além da forma de onda, umas das características fundamentais do som são a

consonância e a dissonância.

1.3 Consonância e Dissonância

É notável que existem estilos musicais que são mais apazíveis a um determinado tipo de pessoas; as preferências de gêneros musicais são subjetivas. Entretanto, a preferência de sons em acordes não são.

Chamam-se “consonantes” os acordes¹ considerados estáveis, agradáveis. A dissonância é o oposto: acordes que dão a todos a sensação de aspereza ou rugosidade (BENSON, 2008) são interpretados pelo ouvido como dissonantes. Pitágoras, no século VI, descobriu que quando duas cordas similares, tensionadas da mesma forma, eram tocadas simultaneamente, tinha-se um som agradável; assim também, quando o comprimento dessas duas cordas estavam na proporção de dois números inteiros pequenos, como 2:1, 3:2, 4:3, 3:1, 8:3, 4:1 (BENSON, 2008).

Por outro lado, — quando não se tem uma diferença em tais proporções, — quando se tem dois sons com frequências próximas, como 880 e 890 Hz tem-se a sensação de dissonância. A alternância desses acordes em uma música adiciona elementos de emoção e criatividade. Beethoven tinha consciência disso, por isso, mesmo sem ouvir, continuou compondo notáveis sinfonias.

A Figura 4 apresenta um acorde consonante, denominado tríade, composto pelas notas: ré, fá sustenido e lá², presente no início do compasso 50 da Sonata ao Luar.

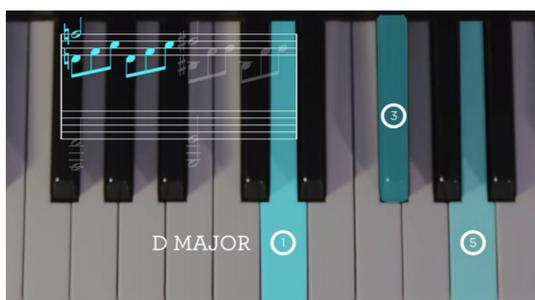


Figura 4 – Notas do compasso 50 da Sonata ao Luar: na partitura e sendo tocadas no piano. Fonte: CLAIR 2014

A Figura 5, por outro lado, apresenta, no final do compasso, as notas si e dó sendo tocadas simultaneamente³, o que representa um som dissonante.

¹ conjunto harmônico de três ou mais notas tocadas simultaneamente

² para tais notas, tem-se os seguintes valores aproximados de frequência, ré: 294 Hz, fá sustenido: 370 Hz, lá: 440 Hz. Entre o ré e o lá tem-se uma razão de frequências próxima a 3:2; entre o ré e o fá sustenido, 5:4

³ para tais notas, tem-se os seguintes valores aproximados de frequência, si: 493 Hz, dó: 523 Hz. Tem-se, nesse caso, frequências próximas, som dissonante.



Figura 5 – Notas do compasso 52 da Sonata ao Luar: na partitura. Fonte: [BEETHOVEN 1801](#)

Segundo Galileu, quando as frequências entre cada duas notas de um acorde apresentam uma razão simples, há uma periodicidade para a forma total da onda e, conseqüentemente, há uma sensação de agradabilidade ([BENSON, 2008](#)). Devido ao fato do cérebro realizar cálculos matemáticos muito rapidamente, quando duas notas soam simultaneamente, ele já calcula tal razão entre tais frequências. Intervalos como $2/3$ e $5/4$ são razões simples, portanto representam sons consonantes. Na Figura 6, observa-se a relação entre a consonância e a periodicidade.

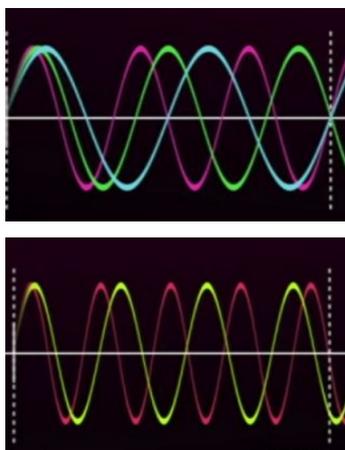


Figura 6 – Acima, o gráfico da amplitude pelo tempo da primeira tríade do compasso 50 da Sonata ao Luar; abaixo, o gráfico das notas si e dó tocadas simultaneamente. Fonte: [CLAIR 2014](#)

A forma de onda das frequências da tríade (parte superior - 6) coincidem em um mesmo ponto após um pequeno número de ciclos (onde há a barra vertical tracejada), enquanto, nesse mesmo ponto, as formas de onda correspondentes ao som dissonante (parte inferior - 6) não coincidem. Por elas não coincidirem nos períodos subsequentes, são classificadas como ondas aperiódicas.

Desde então, diversos outros cientistas propuseram aprimoramentos à teoria de Galileu, como Georg Andreas Sorge (1703–1778); Hermann von Helmholtz (1821–1894);

Reinier Plomp e Willen Levelt que publicaram obras em conjunto no século XX. Uma clara limitação com relação à plena precisão, como apresentados nos exemplos da Figura 6, é que foram considerados por Galileu apenas as frequências fundamentais e não os harmônicos. Entretanto, por se tratar de uma aproximação, ela apresenta uma importante explicação teórica acerca da classificação de consonância e dissonância.

1.4 Sistemas acústicos - escalas musicais

Na presente seção, optou-se por utilizar os conceitos - matemáticos e físicos - modernos, para melhor explanação, embora não se tinha tal compreensão no momento histórico em que determinadas aplicações, aqui citadas, foram desenvolvidas.

Sabe-se que duas ondas sonoras, cuja razão das frequências é uma proporção simples, produzem um som consonante. Tomando-se como base uma forma de onda de frequência 100 Hz, por exemplo, e, multiplicando-a por 2 e por 3, obtém-se, respectivamente, três outras de frequência: 100, 200 e 300 Hz.

Ouvindo-se em conjunto as frequências de 100 e 200 Hz, tem-se uma razão $2/1$, correspondente ao intervalo de uma oitava⁴. Ouvindo-se 200 e 300 Hz, tem-se uma razão $3/2$, correspondente a um intervalo de quinto grau, que também é um som consonante. A Figura 7 ilustra tais intervalos.

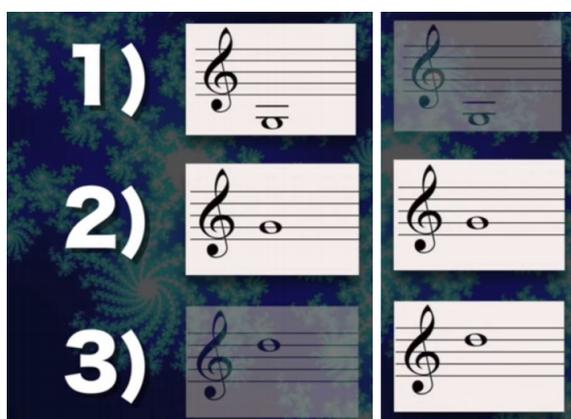


Figura 7 – À esquerda são ilustrados os intervalos uma oitava em uma partitura; à direita de quinto grau. Fonte: NEELY 2017

Tomando por base os intervalos de quinta e de oitava, Pitágoras criou a escala musical que leva o seu nome (MARTINS, 2015). Pegando-se uma nota, como o dó, por exemplo, encontrando-se outra, com razão entre elas de $3/2$ (intervalo de quinto grau),

⁴ uma oitava consiste no intervalo de uma nota e outra cujo valor da frequência é o dobro em relação ao dela. A nova nota corresponde à mesma nota musical, porém, apresentada de forma mais grave ou mais aguda.

encontra-se o sol. A quinta do sol é o ré⁵; a quinta do ré, o lá, e assim, sucessivamente; com esse processo, são obtidas todas as notas da escala, como ilustrado⁶ na Figura 8.

DÓ ₁	RÉ ₁	MI ₁	FÁ ₁	SOL ₁	LÁ ₁	SI ₁	DÓ ₂
1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª
<i>c</i>	$\frac{8c}{9}$	$\frac{64c}{81}$	$\frac{3c}{4}$	$\frac{2c}{3}$	$\frac{16c}{27}$	$\frac{128c}{243}$	$\frac{1c}{2}$

Figura 8 – Frações do comprimento, com relação a uma constante inicial “c” de uma corda para se obter as oito notas de uma escala musical. São destacados em cor azul os intervalos consonantes Fonte: PEREIRA 2013

Ao se compor uma música, teoricamente, a primeira decisão a ser tomada é quais frequências serão utilizadas. Existem infinitas possibilidades. Entretanto, esse não chega a ser um problema ao compositor, devido à existência de sistemas acústicos, como a escala pitagórica, que já apresentam frequências pré-estabelecidas.

Sistemas acústicos são definidos como um conjunto de números reais que determinam as relações de frequência entre as notas. Existem diversos sistemas. Muitos povos da antiguidade, por exemplo, construíram o seu próprio (SANTOS, 2015). Diversos consistiam em aprimoramentos de algum anterior já existente. Entretanto, há em comum a todos eles o fato de que a matemática está por trás de tais relações.

Até a Idade Média, o sistema mais utilizado era o Pitagórico, entretanto, suas falhas tornavam-se cada vez mais evidentes. Como o intervalo entre cada par de notas consecutivas na escala não era constante, ou seja, a diferença de frequência entre elas não era a mesma, ao se transpor o tom de uma música⁷, a diferença sonora era expressiva: não se mantinham as características melódicas e harmônicas originais, e as notas pareciam “desafinadas” (HORA, 2004). Por exemplo, uma música tocada em um saxofone, afinado em mi bemol, não soaria igual à de uma flauta, afinada em dó, mesmo que se buscasse tocá-la na mesma tonalidade, devido à diferença entre as frequências entre as notas da escala não ser constante. A Figura 9 apresenta a razão entre os intervalos de duas notas sucessivas.

⁵ O ré, correspondente ao intervalo de quinto grau do sol está uma oitava acima do ré mais próximo ao dó, onde foi iniciada a escala desse exemplo. O valor da frequência do ré mais próximo do dó inicial é a metade da frequência do ré mais agudo, visto que o em um intervalo de oitavas, a frequência de uma nota é o dobro da outra

⁶ A figura apresenta 7 das 12 notas presentes na escala. Além dessas 7, têm-se as notas denominadas “acidentadas” - os bemóis e sustenidos.

⁷ trocar a tonalidade

$$\frac{f(\text{MI}_1)}{f(\text{RÉ}_1)} = \frac{81/64}{9/8} = \frac{9}{8} = 1,125$$

$$\frac{f(\text{FÁ}_1)}{f(\text{MI}_1)} = \frac{4/3}{81/64} = \frac{256}{243} \approx 1,0535$$

Figura 9 – Razão entre os intervalos de duas notas sucessivas na escala Pitagórica. Fonte: PEREIRA 2013

Da mesma forma, isso era observado no seguinte exemplo. O intervalo de 12 quintas corresponde ao de 7 oitavas. Entretanto, o valor da razão entre esses intervalos não era o mesmo. A tal desfaseamento, o qual é ilustrado na Figura 10, denominou-se “coma pitagórico”.

$$\frac{\left(\frac{1}{2}\right)^7}{\left(\frac{2}{3}\right)^{12}} = \frac{3^{12}}{2^{19}} = 1,013643265\dots$$

Figura 10 – Valor do “coma pitagórico”. Fonte: ORTA 2000

Não havia como se ajustar tal modelo e, por isso, era necessária a criação de outro. A solução para esses problemas estava no temperamento da escala: divisão das notas da escala em intervalos constantes. Para tal, utilizou-se o conceito de Progressão Geométrica (HENSCHEL; BAIER, 2017). A Figura 11 apresenta as notas da escala, as frequências entre o intervalo de uma oitava, e o número de termos dessa P.G.

DÓ ₁	DÓ#	RÉ	RÉ#	MI	FÁ	FÁ#	SOL	SOL#	LÁ	LÁ#	SI	DÓ ₂
1	f ₂	f ₃	f ₄	f ₅	f ₆	f ₇	f ₈	f ₉	f ₁₀	f ₁₁	f ₁₂	2
1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°

Figura 11 – P.G. correspondente à escala temperada. Fonte: PEREIRA 2013

Tendo definido os termos dessa P.G., foi calculada a razão (“q”) entre eles, como observa-se na Figura 12.

$$\begin{aligned}
 f_n &= f_1 \cdot q^{n-1} \\
 f_{13} &= f_1 \cdot q^{13-1} \\
 2 &= 1 \cdot q^{12} \\
 q^{12} &= 2 \\
 q &= \sqrt[12]{2}
 \end{aligned}$$

Figura 12 – Cálculo do valor dos termos da P.G. Fonte: [PEREIRA 2013](#)

A razão dessa P.G. coincide com a razão entre as frequências de cada nota dessa escala. Obtiveram-se, assim, intervalos constantes. Tal sistema foi proposto em 1691 por Andreas Werckmeister e divulgado por Johann Sebastian Bach no conjunto de obras: “O Cravo Bem Temperado”; é denominado “Escala Musical dodecafônica Temperada”, e é adotado majoritariamente até hoje.

1.5 Desenvolvimento de aplicações no passado

Além da criação de escalas musicais, os fundamentos da teoria musical são, atualmente, importantíssimos na criação de aplicações na área de síntese de sons.

Os sons de instrumentos musicais gerados, ou seja, sintetizados, por computadores, muitas vezes, não se assemelham aos sons de um instrumento real, visto que, para cada nota, é apenas gerado o som correspondente ao da frequência fundamental, enquanto que, em um instrumento real, ouviria-se também o som dos harmônicos. Adicionando mais harmônicos às notas, na sintetização por computador, torna-se o som sintetizado mais semelhante ao de um instrumento real ([WUENSCHE, 2005](#)).

Por meio da análise de Fourier, tais conhecimentos acerca da decomposição de sinais complexos em um somatório de senóides, bem como o conhecimento dos harmônicos, geram aplicações não apenas na sintetização de sons pelo computador, mas também na teoria e prática musical.

Nos estudos de harmonia, formação de acordes e acompanhamento, não se recomenda a repetição de uma mesma nota simultaneamente em oitavas diferentes. Isso se dá, visto que, um dos harmônicos da primeira nota corresponde exatamente à frequência fundamental da segunda. No lugar da segunda nota, recomenda-se tocar outra, o que dá mais diversidade a essa harmonia. Essa técnica é muito utilizada na Música Popular Brasileira, cuja harmonia é caracterizada por isso. ([PY, 2006](#))

Observam-se, portanto, que, a partir dos conhecimentos científicos citados — físicos e matemáticos —, foram criadas diversas aplicações, em distintas áreas.

2 A música e as Reações Fisiológicas

A presente seção deste trabalho visa apresentar uma revisão bibliográfica acerca da relação entre: música e reações fisiológicas.

2.1 Panorâmica histórica

Nos Jogos Olímpicos da Grécia antiga eram empregados músicos para tocar nos eventos –especialmente flautistas e tocadores de cítara. A música era, desde essa época, vista como uma forma de melhorar o desempenho dos atletas (VALENTIN et al., 2012 apud RéVÉSZ, 1946). Embora essa percepção dos efeitos positivos da música sempre estivesse presente, ao longo da história, e embora a música sempre tenha sido usada como ferramenta para o incentivo à excelência, evidências para essas propriedades só surgiram em épocas mais recentes.

A partir da compreensão dos aspectos da natureza física do som, consonância e dissonância, criação das escalas musicais, bem como o avanço do conhecimento científico, uma série de perguntas foram propostas. Como consequência, surgiram algumas respostas, e também novas perguntas, com a realização cada vez mais frequente de novos estudos.

Em 1894, o cirurgião alemão, e também músico violinista e violoncelista, C.A.T. Billroth, foi o primeiro a buscar correlacionar a anatomia e a fisiologia do cérebro com as habilidades musicais, em sua obra "Wer ist Musikalish?" (CERVELLIN; LIPPI, 2011 apud CRITCHLEY; HENSON, 1977). Em 1899, a partir da publicação na revista "The Lancet" do artigo "Music in Medicine", de J.T.R Davison, esse tema ganhou mais notoriedade, levando a crescente investigação científica da relação entre música e saúde (CERVELLIN; LIPPI, 2011 apud DAVISON, 1899).

No ano de 1914, foi publicado no *Journal of the American Medical Association* pelo cirurgião Evan O'Neill Kane, o primeiro experimento descrevendo o efeito da música, quando aplicada durante procedimentos médicos. Nesse estudo foi demonstrado que, a partir do uso de um fonógrafo¹ dentro da sala de operação e recuperação, era reduzida a necessidade de analgésicos farmacológicos, e ocorria também a redução da ansiedade de pacientes submetidos a essas operações cirúrgicas (CERVELLIN; LIPPI, 2011 apud KANE, 1914).

Em 1918, Hyde e Scalapino, do *Physiological Laboratory of the University of Kansas*, relataram, por experimento, o aumento da Frequência Cardíaca (FC) e a diminuição

¹ Fonógrafo: aparelho inventado em 1877 por Thomas Edison, capaz de reproduzir, e também gravar sons

da Pressão Arterial (PA) ao se ouvir músicas em tons menores, enquanto que, em músicas consideradas estimulantes, compostas em tons maiores, houve o aumento da FC e da PA (CERVELLIN; LIPPI, 2011 apud HYDE; SCALAPINO, 1918).

2.2 Aplicações atuais

Crescentes evidências experimentais têm atestado que a música pode influenciar na modulação de emoções e humor, bem como contribuir a mudanças nas atividades neurológica (CERVELLIN; LIPPI, 2011), cardíaca e respiratória, além de influência na pressão arterial (PA) (KRABS et al., 2015).

Na última década, têm sido realizados vários estudos clínicos sobre os efeitos da música no campo neurológico. Assim, ela tem sido usada também como ferramenta terapêutica em tratamentos de diversas doenças. Segundo Cervellin e Lippi (2011), estudos de tratamentos com pacientes afetados pela doença de Alzheimer, Parkinson, Esclerose Múltipla, Ataxia ou Espasticidade, têm demonstrado resultados positivos. No caso de idosos com dificuldades de locomoção, após seis meses de treinamento multitarefa com música, viu-se melhora no equilíbrio, redução na ocorrência de quedas, assim como na gravidade dessas.

Com relação a ambientes clínicos, há outro campo de investigação, com o objetivo de se diminuir o estresse pré e pós operatório, e a redução da dosagem de medicamentos, como sedativos e ansiolíticos. A música é apontada como ferramenta para redução da ansiedade, estando associada à diminuição da PA e frequência cardíaca (FC), e tem sido relatados resultados na aplicação ao tratamento de pacientes com doença arterial coronariana, pacientes ventilados mecanicamente, pacientes com câncer, e pacientes aguardando procedimentos cirúrgicos (KOELSCH, 2015).

Após ensaio clínico randomizado, Nilsson (2009) cita que, ao se ouvir música durante o repouso, após uma cirurgia cardíaca, houve efeito relaxante relacionado à pressão parcial de oxigênio no plasma arterial (PaO₂) e à liberação de ocitocina. Citou-se eventual efeito causal entre a sensação psicológica de relaxamento e o efeito físico de liberação da ocitocina (NILSSON, 2009). Muitos outros efeitos positivos da música têm sido descobertos, como, por exemplo, a potencialização dos efeitos da ocitocina relacionados à contração uterina, e efeitos no sistema cardiovascular (PETERSSON, 2002) e na regulação de comportamentos sociais e emocionais (YOSHIDA et al., 2009).

Também, com relação ao efeito relaxante da música – tendo como base, por exemplo, alguns movimentos lentos das sonatas para piano de Mozart –, Cervellin e Lippe (2011) citando Wachi et al. 2007 e Conrad et al. 2007, apontam para os seguintes efeitos bioquímicos: redução do estresse, redução de marcadores inflamatórios e ativação aprimorada do sistema imunológico, através das células NK (*natural killer cells*).

2.3 Diferenças metodológicas

Apesar das diversas aplicações decorrentes de estudos publicados em periódicos científicos, considera-se que a base científica acerca dos efeitos da música sobre a saúde ainda é pouco compreendida (CERVELLIN; LIPPI, 2011). Koelsch (2015) cita uma grande heterogeneidade de métodos e, conseqüentemente, resultados divergentes. Krabs et al. (2015) apontam que muitos destes apresentam resultados inconclusivos.

Por exemplo, Bernardi et al. (2005), ao realizarem estudo, submetendo os 24 participantes a peças de diferentes estilos musicais², verificaram que músicas rápidas produziam um aumento na PA e na FC, além de excitação emocional, enquanto músicas lentas produziam sensação de relaxamento; e concluíram que havia um arrastamento espontâneo da PA mediante o andamento da música. Posteriormente, tais conclusões foram contestadas por novos estudos (ELLIS; THAYER, 2010) (KRABS et al., 2015) (KOELSCH, 2015).

Para Ellis e Thayer (2010), a interação entre a música e as reações fisiológicas trata-se de algo muito mais complexo. Eles reconhecem haver uma grande quantidade de evidências acerca da propriedade da música afetar o Sistema Nervoso Autônomo (SNA), trazendo efeitos na saúde de um indivíduo e que há uma interação nos níveis comportamental, emocional e fisiológico, de forma consciente e inconsciente. Como forma de ilustração, eles citam a analogia feita pelo eminente psicólogo William James acerca do SNA, considerando que este “forma uma espécie de caixa de ressonância, que cada mudança de nossa consciência, por mais leve que seja, pode fazer reverberar” (ELLIS; THAYER, 2010 apud JAMES, 1884). Afirmam, assim, que as respostas do SNA correspondem a uma série de fatores.

Da mesma maneira, Koelsch e Jäncke (2015), reconhecem a influência da música na atividade cardíaca e na PA; entretanto, diante da falta de homogeneidades entre métodos utilizados e resultados, fazem uma série de recomendações. Entre suas considerações acerca dessa influência, eles recomendam que é importante levar em conta, entre outros pontos, os seguintes aspectos:

- o fato da música englobar uma série de gêneros e estilos;
- diferenças no andamento (rápido ou lento);
- se a música apresenta letra ou é apenas instrumental;
- ritmo³;

² Raga (música clássica indiana), dodecafônico, Rap, Techno, e Clássico com andamento rápido (150 bpm)

³ Segundo Koelsch e Jäncke, deve-se considerar, por exemplo, as seguintes categorias com relação ao ritmo: "música baseada na batida (geralmente com uma bateria, por exemplo: Rock, Jazz e Latina); música que não é baseada na batida, mas baseada em um pulso isocrônico (por exemplo, a maioria

- agradabilidade do som;

Assim, Koelsch e Jäncke (2015) concluem que há a necessidade de pesquisas adicionais sobre os efeitos da música e seus benefícios em indivíduos saudáveis e em pacientes.

Considerando-se o amplo espectro da conclusão de Bernardi et al (2005), novos estudos considerando pontos mais específicos foram desenvolvidos. Autores como Karageorghis et al. (2006) e Krabs et al. (2015) buscaram investigar se:

- sons musicais, ruído semelhante a música e tons isocrônicos⁴ podem provocar efeitos no SNA;
- mudanças no andamento de diferentes peças musicais provocam efeito no SNA;
- existem diferenças em eventuais respostas do SNA em indivíduos doentes ou saudáveis;
- existe relação entre andamento musical e FC, enquanto preferência, em aplicações.

Tais tópicos citados serão apresentados a seguir.

2.4 Sons musicais, ruído semelhante a música e tons isocrônicos – resposta do SNA

Em análise publicada por Krabs et al.(2015), foram selecionados, a partir do banco de voluntários do Max Planck Instituto de Ciências do Cérebro e da Cognição Humana, 76 participantes saudáveis e idades entre 18 e 35 – sendo 36 mulheres e 40 homens. Eles foram submetidos a três tipos diferentes de estímulos musicais: músicas instrumentais alegres de diferentes épocas e estilos (entre eles: música clássica, jazz e folclórica), tons Shepard isocrônicos e tons Shepard isocrônicos sobrepostos a ruídos sonoros –sons altamente dissonantes.

Os participantes escutavam as músicas por meio de um fone de ouvido, a um volume de aproximadamente 60 dB. Eles deveriam ficar de olhos fechados e tinham como tarefa bater com o dedo indicador da mão direita seguindo o ritmo dos estímulos – buscou-se, assim, verificar se os participantes estavam mantendo a atenção durante os três estímulos.

A figura 13 ilustra os tipos de sensores utilizados pelos autores.

da música clássica, que é frequentemente também caracterizado por padrões distintos de resolução de tensão que têm efeitos emocionais específicos); música não baseada em um pulso isocrônico (por exemplo, muitas peças de 'música ambiente')

⁴ Sequência de batimentos regulares de notas em um mesmo tom

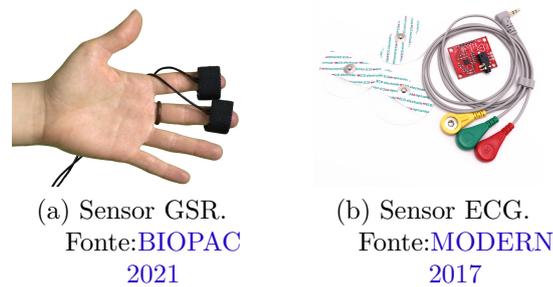


Figura 13 – Sensores utilizados para medições.

De cada participante, foi gravado um eletrocardiograma de repouso padrão com 12 derivações (ECG) e os dados foram armazenados de modo digital. Foram coletados também os dados de resposta galvânica da pele (GSR) ⁵ a partir de eletrodos Ag-AgCl colocados no terceiro e no quarto dedo da mão esquerda, com corrente de onda quadrada de 200mV, a 70 Hz. A análise de dados brutos foi realizada com *MATLAB* (The Mathworks Inc., Natick, MA, EUA).

Foi solicitado a cada participante avaliar o quão agradável era a sensação ao ouvir cada um dos estímulos. Foi utilizada uma escala Likert de seis pontos, onde 1 correspondia a "muito agradável"; e 6, a "muito desagradável", como a apresentada na figura 14.

Strongly Disagree	Disagree	Slightly Disagree	Slightly Agree	Agree	Strongly Agree
1	2	3	4	5	6
50% Negative			50% Positive		

Figura 14 – Escala Likert de seis pontos. Fonte: [PODIO 2016](#)

Foram obtidos os seguintes resultados de agradabilidade: música alegre foi classificada como mais agradável do que descansar em silêncio; este, por sua vez, mais agradável que ouvir sons isocrônicos. Como mais desagradável, foi classificado ouvir os tons Shepard isocrônicos sobrepostos a ruídos sonoros.

Com relação aos dados fisiológicos coletados, foram obtidos os seguintes resultados. Na figura 15 estão exibidos os dados de FC.

⁵ Segundo Krabs et al., reações emocionais podem produzir alterações na atividade de glândulas sudoríparas localizadas na palma das mãos.

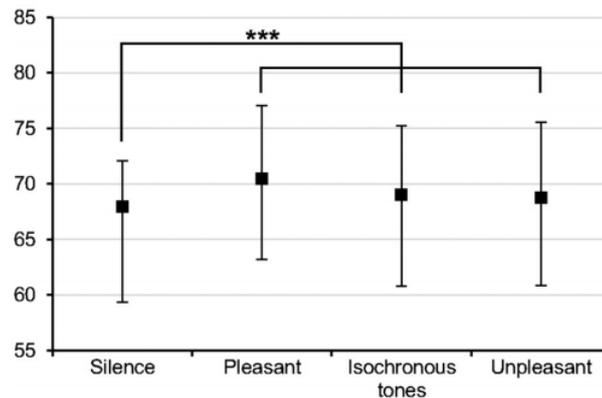


Figura 15 – FC: valores médios –amplitude interquartil: grau de espalhamento de dados a partir da média em participantes ao ouvirem diferentes tipos musicais. Fonte: KRABS et al. 2015

Como apresentado, em comparação com o silêncio, para todos os casos houve aumento na FC, sendo este respectivamente maior ao se ouvir a música agradável do que tons isocrônicos e ruído semelhante à música.

A figura 16 apresenta os dados de Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC).

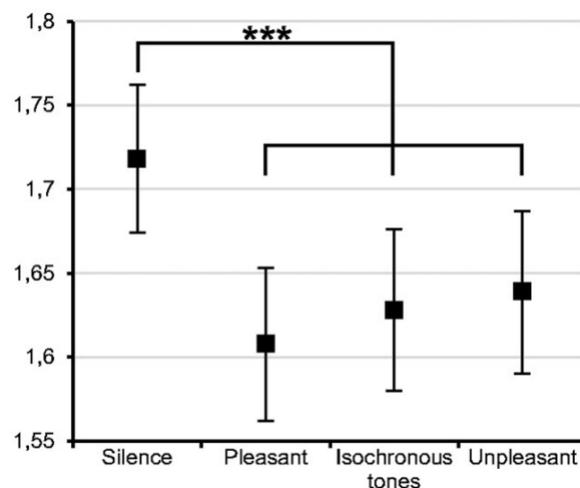


Figura 16 – VFC: desvio padrão médio da variação da FC em participantes ao ouvirem diferentes tipos musicais. Fonte: KRABS et al. 2015

A VFC consiste no desvio padrão da variação da FC dos participantes. Observa-se que a VFC foi respectivamente menor ao se ouvir a música agradável, do que tons isocrônicos e ruído semelhante à música, sendo todas essas menores do que a VFC no caso de silêncio.

A figura 17 apresenta os dados da GSR.

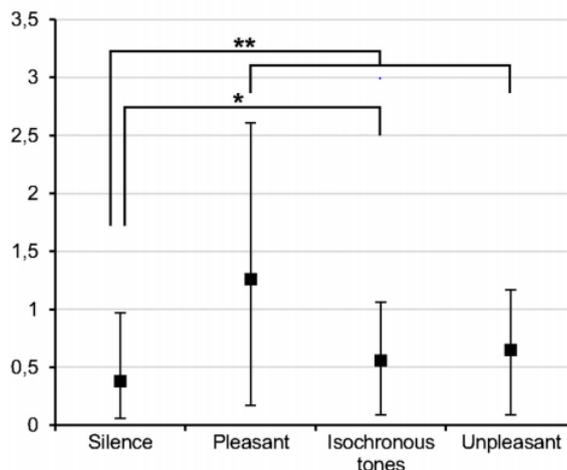


Figura 17 – GSR: valores médios – amplitude interquartil: grau de espalhamento de dados a partir da média em participantes ao ouvirem diferentes tipos musicais. Fonte: KRABS et al. 2015

Observa-se um aumento da GSR para todos os estímulos em comparação com o silêncio. Destaca-se a diferença expressiva entre o valor para a música alegre em comparação com os demais, que pouco diferiram entre si.

Os autores, citando Koelsch (2014) e Todd et al. (2014), afirmam que a música alegre produz uma reação de excitação emocional a partir da estimulação acústica. Tal excitação está associada à atividade do SNA (KRABS et al., 2015 apud D.KREIBIG, 2010). Considera-se, que diferentes níveis de excitação subjetiva ao se ouvir uma música, levam a níveis diferentes da VFC.

Os autores consideram que, embora a questão de como a música afeta o FC e a VFC não esteja completamente respondida, o trabalho apresentou algumas evidências. Em artigo de revisão bibliográfica, Koelsch (2015) corrobora tais análises, e afirma:

Observe também que os estímulos musicais podem ter efeitos estimulantes e relaxantes: por exemplo, já no nível do tronco cerebral, as batidas musicais de uma peça de heavy metal provocam respostas visceromotoras (autônômicas). Por outro lado, para um entusiasta do heavy metal, essa música pode ter efeitos de redução de estresse. Assim, a música pode provocar efeitos estimulantes e relaxantes ao mesmo tempo, envolvendo tanto a atividade autonômica quanto a endócrina, tornando difícil identificar os efeitos fisiológicos periféricos da música em processos emocionais específicos. Estudos futuros são necessários para especificar como a redução do estresse, relaxamento ou ativação com música contribui para mudanças nos componentes espectrais da VFC (KOELSCH, 2015).

Koelsch (2015) cita, portanto, particularidades relacionadas à resposta do SNA

para diferentes ouvintes, às quais ainda necessitam ser melhor compreendidas.

2.5 Mudanças no andamento de diferentes peças musicais – resposta do SNA

Krabs et al.(2015) buscaram relatar, nesta mesma pesquisa, as respostas do SNA no caso da variação do andamento – batidas por minuto (bpm) -, de uma música. Foram selecionados 30 participantes (17 mulheres), de idade entre 18 e 35 anos, saudáveis, a partir do banco de voluntários do Max Planck Instituto de Ciências do Cérebro e Cognitiva Humana.

Os autores tiveram como base as publicações de Bernardi et al. (2005), Gomez e Danueser (2007), e Nater et al. (2006), os quais relataram aumento da FC e da GSR ao se ouvir uma música com rápido andamento em comparação com a reação ao se ouvir músicas de andamento mais lento. Diferentemente destes autores citados, buscou-se analisar a resposta do SNA para mudanças de andamento de uma mesma música. Considerou-se que a realização de tal avaliação com músicas diferentes produziria resultados limitados.

Para possibilitar tal reprodução em andamentos diferentes, utilizou-se como base arquivos digitais de músicas: uma considerada agradável, outra, desagradável. Realizou-se a síntese – transformação dos arquivos de dados digitais em arquivos de áudios – em dois andamentos diferentes: uma versão mais rápida (120 bpm); e outra, mais lenta (90 bpm), de cada uma das músicas. A reprodução das músicas e o procedimento se deu de forma semelhante à descrita na seção 2.4, não sendo realizado, porém, as medições da GSR.

Obteve-se os seguintes resultados: a sensação de prazer, a partir do relato dos participantes, não diferiu com o ritmo, apesar de que, em consonância com o descrito na seção 2.4, foi relatada maior agradabilidade ao se ouvir a música alegre.

A figura 18 apresenta os dados médios de FC ao longo deste experimento.

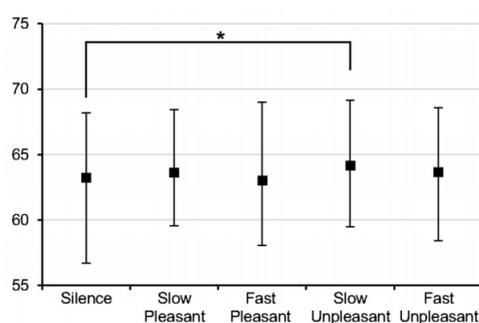


Figura 18 – FC: valores médios – amplitude interquartil: grau de espalhamento de dados a partir da média em participantes ao ouvirem músicas em diferentes andamentos. Fonte: KRABS et al. 2015

Segundo os autores, mesmo sendo pouco expressivo, houve aumento da FC a partir de todos estímulos, em comparação com o silêncio.

Os dados acerca da VFC são apresentados na figura 19.

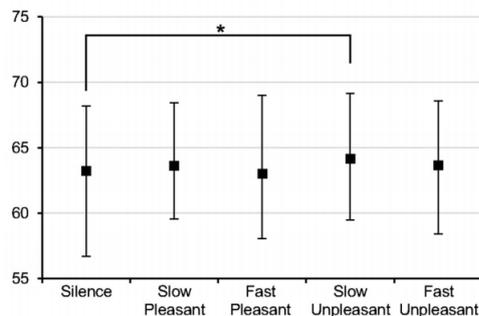


Figura 19 – VFC: desvio padrão médio da variação da FC em participantes ao ouvirem músicas em diferentes andamentos. Fonte: KRABS et al. 2015

Com relação à VFC não se observam diferenças expressivas.

Apesar de não ser relatado respostas significativas do SNA nestas condições experimentais, os autores reconhecem que tal conclusão se dá em um espectro limitado, visto que a diferença no andamento entre as músicas é considerada moderada (90 *versus* 120 bpm).

Deve-se também destacar que, do ponto de vista musical, a ação de acelerar o andamento de uma música para se observar o efeito, é contestável. Segundo Leonido (2007), "O sentimento da obra é grandemente definido pela união das indicações de andamento e da expressão" (LEONIDO, 2007). E, a expressão, pode ser caracterizada como "conjunto de todas as indicações técnicas (execução esperada pelo compositor)". Dessa maneira, alterando-se o andamento e mantendo-se a expressão, tem-se como efeito, nas palavras do autor, algo diferente do sentimento planejado pelo compositor.

Em síntese, enquanto Krabs et al. (2015) busca observar a respostas do SNA em andamentos diferentes de uma mesma música, a fim de isolar apenas a variável andamento, Leonido (2007) afirma não ser plausível o efeito proveniente desta ação. De toda forma, assim, Krabs et al. (2015), bem como Koelsch et al. (2015), apresentam um contraposto à conclusão de Bernardi et al. (2005) quanto a haver um arrastamento espontâneo da PA com base no andamento de uma música.

2.6 Respostas do SNA a estímulos musicais em indivíduos doentes ou saudáveis

Com o objetivo de examinar a eficácia dos resultados obtidos nos experimentos anteriores e a viabilidade para ensaios futuros, Krabs et al. (2015), replicaram o expe-

rimento descrito na [seção 2.4](#) em um grupo constituído por 19 pacientes com Crohn – doença intestinal inflamatória e crônica – e 32 pessoas saudáveis.

É citada pelos autores, a discussão acerca do SNA ser um fator de patogênese e um possível alvo para intervenção terapêutica na inflamação crônica em geral ([BELLINGER; LORTON, 2014](#)), e na doença de Crohn, especificamente ([BONAZ; BERNSTEIN, 2012](#)) ([CIESIELCZYK; THOR, 2013](#)). Citou-se também demais estudos, os quais relatam resultados bem-sucedidos do aplicação de música em ambientes clínicos ([BRADT et al., 2011](#)) ([BRADT; DILEO; SHIM, 2013](#)) ([BRADT; DILEO; POTVIN, 2013](#)).

Para este experimento, foram aplicados apenas música alegre e som dissonante. A aquisição de dados se deu da maneira relatada na [seção 2.4](#), porém neste não foi medida a GSR.

Os dados referentes à FC são apresentados na figura 20, sendo o item (a) referente a pessoas saudáveis, e (b), a pacientes com Crohn.

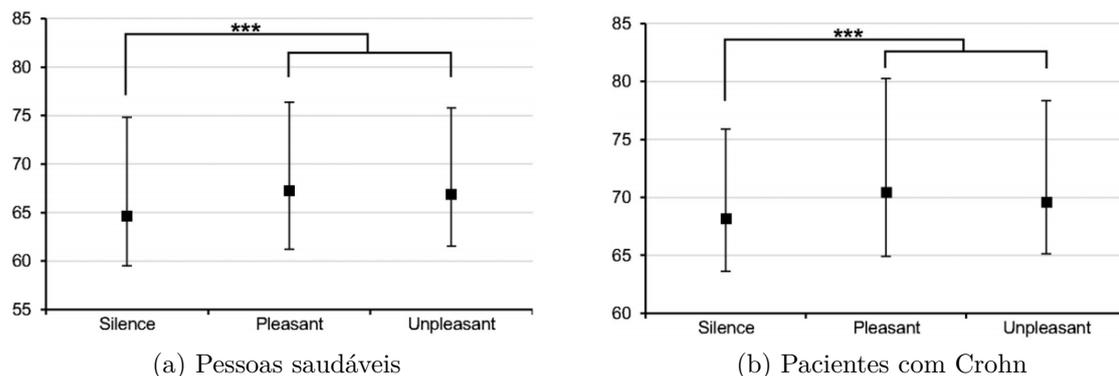


Figura 20 – FC: valores médios –amplitude interquartil em indivíduos saudáveis e pacientes com Crohn. Fonte: [KRABS et al. 2015](#)

Para ambos casos, houve aumento na FC em comparação com o silêncio, para sons alegres e dissonantes, assim como no experimento descrito na [seção 2.4](#).

Também em conformidade com os resultados descritos na [seção 2.4](#) e na [seção 2.5](#), deram-se os dados de VFC, apresentados na figura 21.

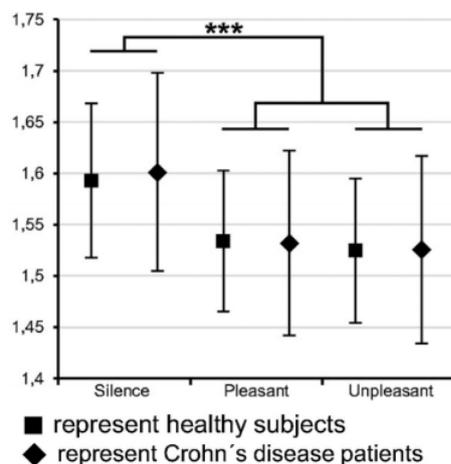


Figura 21 – VFC: desvio padrão médio da variação da FC em indivíduos saudáveis e pacientes com Crohn. Fonte: KRABS et al. 2015

Observa-se, portanto, que houve uma diminuição da VFC em comparação com o silêncio para ambos os estímulos, tanto para pacientes com Crohn, quanto para pessoas saudáveis.

Com relação ao que foi relatado pelos participantes, por escala Likert de 6 pontos, a sensação de prazer ao se ouvir música alegre ser semelhante à sensação de descansar em silêncio, sendo consideradas mais agradáveis do que ouvir som dissonante. Tais resultados corroboram com o que foi relatado na [seção 2.4](#) e na [seção 2.5](#).

Os autores afirmam que todos os pacientes com doença de Crohn reagiram bem ao procedimento experimental, não tendo sido relatada piora nos sintomas. Citou-se a necessidade de mais estudos, com mais participantes e estes, em diferentes estágios da doença, a fim de obter resultados mais amplos.

2.7 Demais considerações

A música também tem sido utilizada muitas vezes como ferramenta terapêutica. É citado por Cervellin e Lippe et al. (2011) a recorrente utilização de sonatas musicais lentas de Mozart, sendo relatado redução de estresse e sensação de relaxamento após ouvi-las. Segundo esses autores – citando Jaušovec e Habe (2003), e Ho et al. (2007) – obteve-se também tais resultados, em experimentos acerca da relação música-cérebro.

Historicamente, deu-se tamanha utilização de peças de Mozart em experimentos e aplicações, que denominaram-se às sensações de relaxamento a partir de obras deste compositor de "efeito Mozart". Por outro lado, é de fundamental importância destacar que o mesmo não pode ser confirmado a todas as obras dele.

Segundo Cervellin e Lippe et al. (2011), alguns trechos das obras "Concerto para

Piano K 466", ou o "Quinteto de Cordas K 516", peças intrinsecamente dramáticas, são capazes de desencadear uma ampla variedade de sentimentos; entretanto, todos esses, antagônicos à sensação de relaxamento. Assim, compreende-se que tal classificação não pode ser dada a todas as obras, mas devem ser avaliadas as sensações a partir de cada obra.

Também é importante destacar que, embora Krabs et. al (2015) não tenha evidenciado tais resultados, isso pode ter relação com as músicas utilizadas nos experimentos, descritos na seção 2.4, seção 2.5 e na seção 2.6. No Anexo A tem-se a relação de músicas utilizadas, autores e respectivo andamento. Observa-se que a maioria das músicas apresentou andamento superior a 100 bpm. Conforme apresentado no anexo B, o andamento lento corresponde à faixa entre 45 e 60 bpm. Dessa maneira, tendo em vista os efeitos citados Cervellin e Lippe et al. (2011) decorrentes de sonatas musicais lentas de Mozart, depreende-se que tais efeitos não foram possíveis de ser mensurados por Krabs et. al (2015), tendo em vista o andamento das músicas por eles utilizadas.

2.8 Relação entre andamento musical e FC enquanto preferência, em aplicações

Karageorghis et al. (2006) apontam para uma crescente tendência de pesquisa acerca do uso de música durante a realização de esportes e exercícios físicos (EDWORTHY; WARING)(RENDI; SZABO; SZABÓ), sendo considerada um eficaz meio para melhorar tal experiência.

Os autores citaram as conclusões obtidas por Iwanaga (1995), que buscou analisar a correlação entre FC e preferências de andamento. Reproduziu-se, por meio de um computador, uma frequência sonora em diferentes andamentos, variando de 10 a 300 bpm. Os participantes deviam selecionar, dentre todos, o andamento de sua preferência. Captou-se a FC e calculou-se a função densidade da razão FC e andamento de preferência. Os resultados apontaram para uma relação positiva entre tais variáveis.

Karageorghis et al. (2011) buscaram verificar a hipótese apresentada por Iwanaga (1995) no contexto da realização de exercícios físicos, e, portanto, verificar se há relação entre a intensidade do exercício e a preferência rítmica (andamento). Assim, foram selecionados 147 voluntários, estudantes de graduação de ciências do esporte, de duas universidades do sudeste da Inglaterra.

Foi solicitado que cada participante relatasse as suas cinco músicas favoritas para o contexto de realização de atividade física. Das mais citadas, foram selecionadas 32 – 16 no ritmo rock; 16, pop –, sendo escolhidas 4 de cada, nas seguintes categorias de andamento: mais lento (95–100 bpm), médio (115–120 bpm), rápido (135–140 bpm), e muito rápido

(155–160 bpm).

As qualidades motivacionais de cada música – tais como melodia e harmonia – foram analisadas, segundo o método de classificação musical *Brunel Music Rating Inventory* (KARAGEORGHIS; JONES; LOW, 2006), a fim de garantir a homogeneidade entre as elas, de modo que o andamento figurasse como a única variável independente entre elas.

Entre os participantes, 28 caminharam em uma esteira, em velocidades correspondentes a seis intensidades (40, 50, 60, 70, 80 e 90%) do máximo da FC reserva (FCres) – sendo a FCres definida como a diferença entre a FC máxima e FC de repouso, obtida no pico da realização de esforço (LINS et al., 2015). Ao se realizar atividade física, era monitorada a FC e eram reproduzidas as músicas. Durante a reprodução de cada música, era questionado a cada participante, qual era a preferência dele por aquela música, naquela intensidade de exercício, a partir de uma escala de 1 (*não gosto nada*) a 10 (*gosto muito*).

A figura 22 apresenta a relação observada entre a FC e a preferência média de andamento da música.

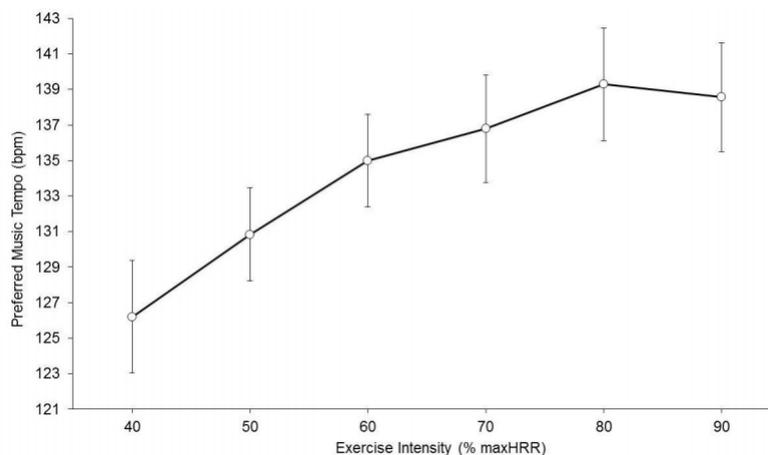


Figura 22 – Relação observada entre a frequência cardíaca de exercício e a preferência média de andamento musical. Fonte: KARAGEORGHIS et al. 2011

A correlação entre FC e preferência média de andamento musical durante a realização de atividade física apresentou tendência majoritariamente crescente.

É apresentada na figura 23 uma relação mais detalhada entre o valor médio de preferência, nas diferentes intensidades de exercício (máximo FCres), para cada uma das categorias de andamento musical – lento, médio, rápido, e muito rápido.

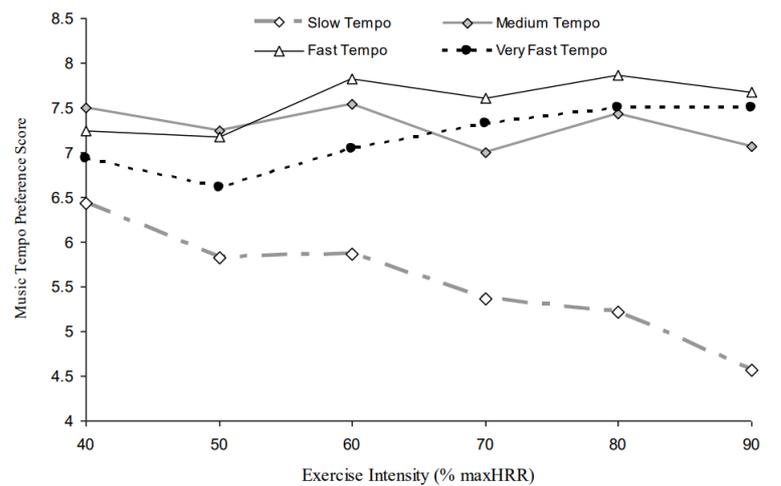


Figura 23 – Relação observada entre a preferência de andamento e intensidade do exercício (FCres). Fonte: [KARAGEORGHIS et al. 2011](#)

Observa-se uma forte tendência de queda na preferência por músicas de andamento lento (95–100 bpm), à medida em que se aumenta a intensidade do exercício (máximo FCres), havendo, concomitantemente, uma tendência crescente na preferência de músicas de andamento rápido o (135–140 bpm) e muito rápido (155–160 bpm).

Dessa maneira, a partir dos resultados obtidos por Karageorghis et al. (2011), foi possível observar a relação entre andamento musical e FC enquanto preferência.

3 Música e Produtividade

O advento da internet possibilitou que o trabalho possa ser realizado a partir de muitos lugares, inclusive da residência do trabalhador. Pode-se viajar de férias, levar o computador e escrever relatórios mesmo de outro país, ou mesmo editar arquivos no próprio *smartphone*. O trabalho pode não se limitar à jornada de 40 horas semanais, mas estender-se a qualquer instante: 24 horas por dia, 7 dias por semana.

Entretanto, o mesmo recurso que trouxe mobilidade e versatilidade ao trabalho, tem efeitos colaterais importantes, como por exemplo, o aumento de distrações. Com poucos cliques, é possível editar o relatório da empresa, ou publicar informações nas redes sociais. Pode-se acessar o conteúdo de bibliotecas online ou ver as fotos publicadas por amigos nas redes sociais, ou comprar um equipamento para a realização de alguma atividade da própria empresa ou um ingresso para o cinema.

Não obstante a todas estas possibilidades, as notificações de sites e aplicativos têm se tornado cada vez mais frequentes no cotidiano pessoal e no trabalho. Aquilo que possibilita o funcionário de uma empresa ser avisado da chegada de um email importante quase que instantaneamente ao seu envio, pode também o informar sobre algo completamente alheio ao seu trabalho, em horário de expediente, em meio à realização de uma tarefa, fazendo-o perder a concentração.

A empresa norte-americana salary.com ([SALARY, 2012](#)) realizou uma pesquisa com 3200 pessoas a fim de mensurar o número de horas desperdiçadas em atividades não relacionadas ao trabalho. Os resultados obtidos encontram-se na tabela 2.

Tabela 2 – Tempo desperdiçado por funcionários por semana. Fonte: [SALARY 2012](#)

Tempo desperdiçado	Percentual de funcionários
<1 horas	39%
1-2 horas	29%
2-5 horas	21%
6-8 horas	8%
10+ horas	3%

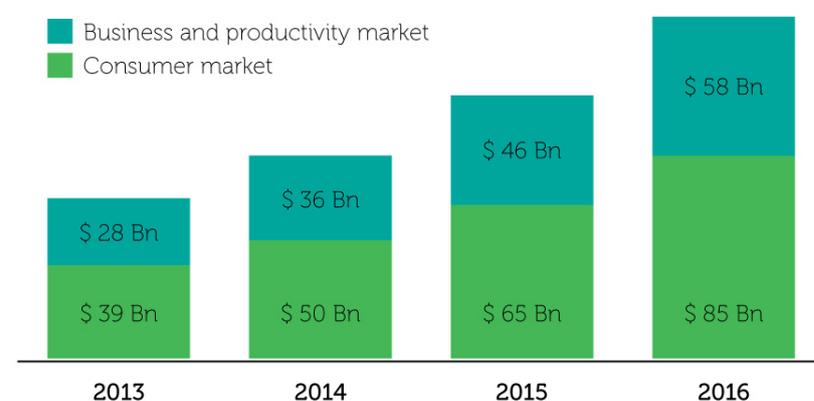
Considerando tais dados, tem-se buscado dimensionar o impacto dessas distrações na rotina de trabalho. Segundo o estudo “The Cost of Interrupted Work” ([MARK; GUDITH; KLOCKE, 2008](#)), qualquer interrupção produz mudanças no padrão de trabalho. Por meio de um experimento com 48 jovens universitários alemães, com idade média de 26 anos, constatou-se a ocorrência do seguinte padrão: ao serem constantemente interrompidos, eles desenvolveram um modo de trabalho mais rápido, a fim de compensar o tempo perdido, estando assim mais suscetíveis a estresse, frustração e pressão de tempo. Por-

tanto, em geral ocorria uma queda na qualidade do trabalho realizado (MARK; GUDITH; KLOCKE, 2008).

O simples aviso sonoro de uma notificação produzido por um *smartphone* pode ser a causa de distrações e potenciais interrupções. Tendo em vista tal cenário e o impacto econômico provocado pelas distrações aos empregadores, têm-se visto o aumento do mercado relacionado a aplicativos que favorecem o aumento da produtividade, como ilustrado na figura 24.

BUSINESS AND PRODUCTIVITY APP MARKET TO DOUBLE IN SIZE BETWEEN 2013 AND 2016

Growing at a slightly slower pace than the consumer market



Licensed under CC BY ND | Copyright VisionMobile

Source: Business and Productivity Apps | www.visionmobile.com/AppMarket

Figura 24 – Projeção de crescimento do mercado de aplicativos de negócio e produtividade entre 2013 e 2016. Fonte: PAPPAS 2014

Tendo em vista tais efeitos, surge, como possibilidade, o conceito de mascaramento sonoro (*Sound Masking*) – a aplicação de um som de fundo a fim de se reduzir os efeitos distrativos referentes ruídos de fundo – tais como conversas e som ambiente, avisos sonoros de notificações do celular; por exemplo, (SHU; SONG; ZHOU, 2018). Assim, a música é considerada a forma mais simples de se controlar o meio externo, favorecendo à concentração e à produtividade. Muniz (2015) cita benefícios inclusive no caso de escuta passiva. A partir de um fone de ouvido e música, é possível de se reduzir o impacto de distrações causadas por ruídos externos.

A compreensão das características do som tem gerado, atualmente, expressivas aplicações no mercado relacionado à produtividade. Tem-se apresentado cada vez mais resultados de pesquisas que indicam como a música torna os indivíduos menos sujeitos a distrações e mais focados no trabalho (FLOWERS, 2001), entretanto, surge a questão:

isso se aplica a todo tipo de música?

A partir apenas das características do som conclui-se que uma música de fundo para um ambiente de trabalho não pode apresentar um alto grau de dissonância (BENSON, 2008), nem ser reproduzida em alta intensidade sonora, pois esses fatores em si, seriam mais um motivo para distrações. Em contrapartida, a probabilidade de uma música de fundo afetar o desempenho de atenção na realização de uma tarefa aumenta de acordo com o grau em que o usuário gosta ou não da música escutada (HUANG; SHIH, 2011). Todavia, somente o gosto pessoal do usuário e a agradabilidade do som seriam critérios suficientes para a escolha de uma música de fundo que influencie positivamente no aumento da produtividade?

Um experimento realizado com 133 estudantes da Wenzao Ursuline College of Languages, em Taiwan, mostrou que determinadas músicas podem influenciar negativamente a concentração, mesmo que o estudante goste do gênero musical. Os participantes realizaram uma tarefa de leitura e compreensão simples em 3 contextos: sem música de fundo, ouvindo-se uma música clássica leve e ouvindo-se uma música do gênero hip hop. Os resultados demonstraram que a música com maior intensidade (hip hop) causa um efeito distrator, enquanto a música clássica favorece a concentração (CHOU, 2010).

Assim, para aplicações com música no contexto da produtividade, a fim de se obter efetividade, deve-se considerar aspectos como: consonância, intensidade sonora, gênero musical, e categoria, preferencialmente, instrumental.

4 Arquitetura da solução

Segundo Bezzon et. al (2012), considerando-se o conceito da multidisciplinaridade no contexto da engenharia:

"A Integração Multidisciplinar para os cursos de engenharia faz com que o aluno visualize os problemas, realizando o aprofundamento necessário para o alcance da solução dos mesmos. A multidisciplinaridade deve ser entendida como uma metodologia para aperfeiçoar o aprendizado do aluno durante o curso de engenharia, propiciando uma percepção completada alocação das disciplinas (BEZZON; LEME; DAVANZZO, 2012)."

Assim, considerando-se a multidisciplinaridade como característica do tema deste trabalho, propõe-se a criação de um sistema de recomendação musical com base em parâmetro fisiológico: frequência cardíaca. Na figura 25 é apresentado o diagrama de blocos contendo os elementos de interdisciplinaridade do projeto.

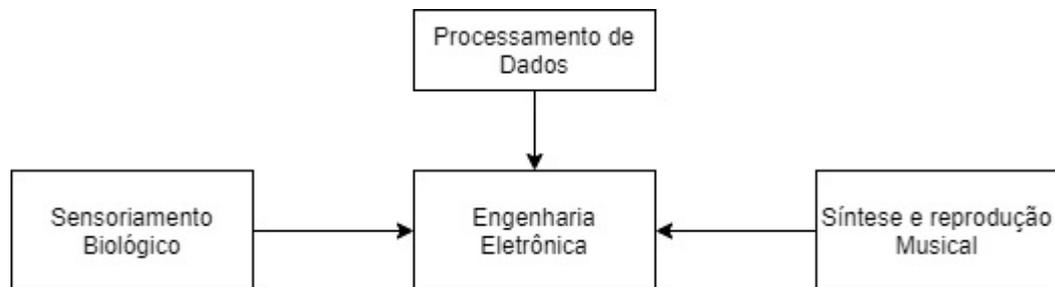


Figura 25 – Interdisciplinaridade de áreas do projeto

Para esse projeto, serão envolvidas as áreas de sensoriamento biológico — medição da frequência cardíaca, processamento de dados —, criação de sistema de recomendação, síntese e reprodução musical.

4.1 Sistemas de Recomendação

Ao longo das últimas décadas, por meio do desenvolvimento das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), viu-se a disponibilização de uma infinidade de conteúdo na *Internet* (ALVAREZ et al., 2016). Atualmente, para o desenvolvimento de alguns negócios, o fator primordial não é mais a disponibilidade de produtos, mas, sim, oferecer os produtos de maneira eficaz a cada cliente. Nesse contexto, têm sido desenvolvidos e se tornado cada vez mais expressivos os sistemas de recomendação.

Os sistemas de recomendação estão presentes em diversos sites, como o website *Amazon*, *Youtube*, *Netflix*, *Spotify*. Eles buscam oferecer uma experiência muito mais interativa ao usuário ou cliente, visto que apresentam recomendações personalizadas a partir da interação entre o usuário e o sistema (RAMOS, 2010). Sistemas de recomendação se baseiam em dados a partir da interação de um usuário ou também da análise de suas preferências.

Tais análises podem ser processadas de diversas formas. Uma das formas é se buscar perfis semelhantes, e, com base nas escolhas deste grupo, realizar recomendações ao usuário (RESNICK; VARIAN, 1997). Outra, identificar as escolhas do próprio usuário ao longo do tempo, e produzir novas recomendações com base nelas (ALVAREZ et al., 2016). Tem-se visto o aprimoramento dos sistemas de recomendação, tendo em vista a necessidade dos usuários de terem, não apenas mais produtos ou dados, mas obterem sugestões de conteúdos personalizados, de acordo com suas preferências.

No âmbito da música não tem sido diferente. Plataformas como o *Spotify* já utilizam sistemas de recomendação com base nas escolhas de perfis com preferências semelhantes, entretanto, tem-se visto o nicho de mercado de ainda maior personalização. Propõe-se a criação de um sistema de recomendação com base em um parâmetro fisiológico do próprio usuário: FC.

4.2 Integração do Sistema

A figura 26 apresenta o diagrama de integração do sistema.

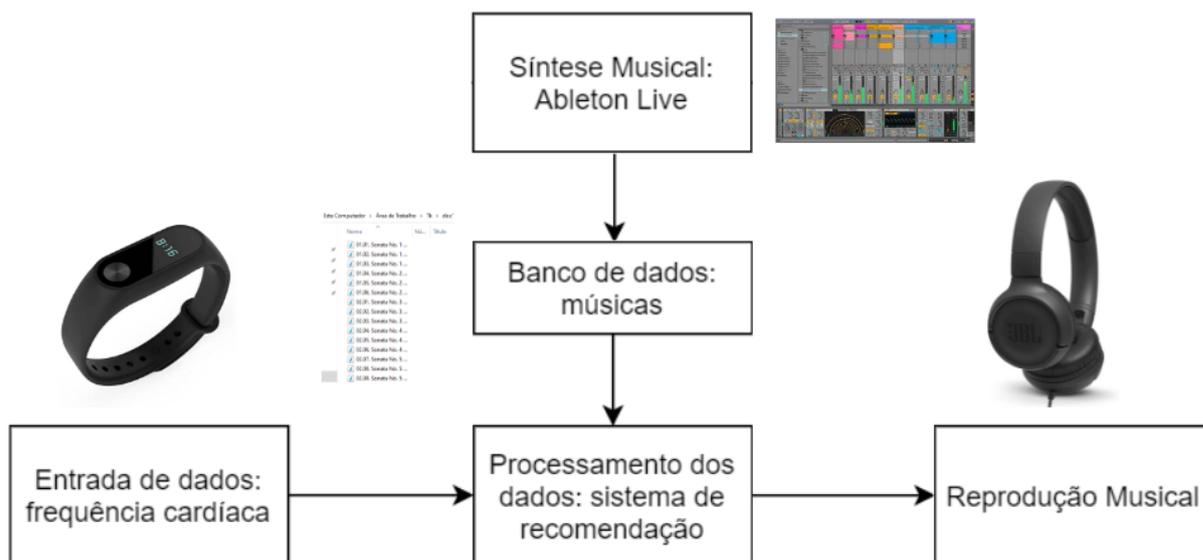


Figura 26 – Diagrama de Integração do Sistema

O sistema de recomendação musical terá como dado de entrada a FC atual do usuá-

rio. Tal dado será fornecido pelo usuário ao sistema, sendo, posteriormente, processado. A partir disso, serão selecionadas do banco de músicas do sistema, peças cujo andamento seja próximo da FC do usuário.

Por questões relacionadas a direitos autorais, serão selecionadas para compor o banco de dados, músicas cujos arquivos apresentem a extensão *mid* (*Musical Instrument Digital Interface*) — formato de codificação musical. Nesse formato, tem-se como vantagem a disponibilidade de diversos arquivos de músicas do gênero musical clássico para serem baixadas de modo gratuito, os quais encontram-se em domínio público.

Para a reprodução dos arquivos neste formato, por se tratar de um formato de codificação musical, é necessário realizar a síntese desses arquivos — transformação de um arquivo de dados digitais em um arquivo de áudio. Cada arquivo será sintetizado, obtendo a extensão (*.mp3*), e passará a fazer parte do banco de músicas do Sistema de Recomendação.

4.3 Restrições e Metas Arquiteturais

- Será utilizado para a medição dos batimentos cardíacos um Relógio Inteligente Xiaomi Sport modelo Mi Band 2, apresentado na figura 27. A utilização de um equipamento como tal elimina o desconforto do uso de equipamentos de medição de batimentos cardíacos convencionais.



Figura 27 – Mi Band 2 Fonte: [XIAOMI 2020](#)

- A partir dos dados de batimentos cardíacos informados pelo usuário, serão reproduzidas músicas cujo andamento seja próximo à sua FC atual.
- As músicas disponíveis para reprodução serão do tipo de música usualmente denominadas “música erudita”, as quais serão sintetizadas a partir de arquivos com a extensão (*.mid*). Tais características facilitam a formação de um banco de músicas, tendo como base a disponibilidade dessas, em domínio público.

Os arquivos serão previamente sintetizados no programa Ableton Live, apresentado na figura 28



Figura 28 – Ableton Live Fonte: [ABLETON 2020](#)

- A síntese musical será realizada com instrumentos virtuais cuja reprodução de som apresenta alto grau de semelhança com o de instrumentos reais gravados.
- O Sistema Recomendação Musical foi programado em *Python*, sendo utilizados elementos da biblioteca *tkinter* para a criação da interface gráfica e elementos da biblioteca *Pygame* para a a reprodução de áudio.

Dessa maneira, a partir da interação desses diferentes elementos — síntese musical, banco de músicas, entrada de dados de FC —, ocorre o processamento dos dados e é gerada uma lista de recomendação musical; assim, dá-se a reprodução das músicas.

5 Descrição de funcionalidades do Sistema de Recomendação Musical

Foi criada a aplicação, a qual denominou-se *DPR.pro - Smart Listening*. Na figura 29 é apresentada a imagem da interface gráfica do sistema.

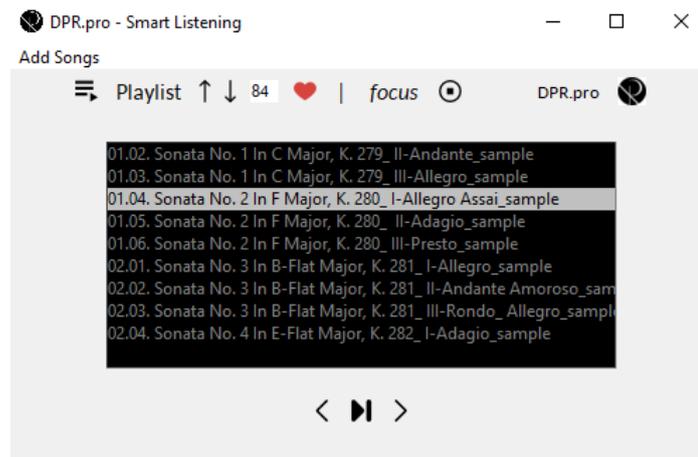


Figura 29 – Interface gráfica do Sistema de Recomendação Musical

A fim de melhor apresentar cada funcionalidade do Sistema de Recomendação Musical, na figura 30 são dispostos todos os ícones do sistema e a respectiva função de cada uma dessas funcionalidades.

↓	-1 bpm
↑	+1 bpm
♥	playlist bpm
focus	playlist focus
⏹	stop playlist
<	música anterior
>	próxima música
⏮	play/ pause

Figura 30 – Ícones e funcionalidades do Sistema de Recomendação Musical

O sistema *Smart Listening* apresenta uma lista de reprodução (*playlist*) predefinida denominada: "*focus*". Para se ouvir dessa lista de reprodução, basta clicar no seu respectivo ícone.

No lado esquerdo do ícone referente à *playlist bpm*, tem-se o espaço destinado ao usuário informar o valor da sua FC atual. Após digitar o valor, basta clicar no ícone desta

playlist. Assim, é acionado o sistema de recomendação musical com base nessa variável fisiológica.

Caso o usuário deseje alterar o valor previamente informado, tem-se botões cuja funcionalidade são somar ou subtrair 1 bpm do valor. Após isso, basta clicar novamente no ícone "playlist bpm" e uma nova *playlist* baseada na FC atual será gerada e reproduzida.

Para se parar a geração das *playlists* inteligentes - focus e bpm -, basta clicar no ícone "stop playlist".

Como em todo sistema de reprodução musical, há também a possibilidade do usuário reproduzir demais músicas de acordo com o seu interesse. Basta clicar em *Add Songs*, no canto superior esquerdo, e selecionar as músicas a partir de um diretório do computador. O nome das músicas selecionadas é listado no quadro central (de cor preta) do Sistema de Recomendação Musical. Para reproduzir, basta clicar no nome de uma delas.

Na parte inferior do Sistema de Recomendação Musical, tem-se os botões correspondentes às funções: *play* e *pause*, retornar à música anterior, ou tocar a próxima música.

A lista das músicas utilizadas na implementação desse sistema, bem como o andamento e termo correspondente a cada uma é apresentada no Apêndice A.

6 Conclusão

Constata-se atualmente o aumento de oferta de aplicativos relacionados à produtividade, visto que os fatores de distração no ambiente de trabalho têm crescido. Por outro lado, tem-se reconhecido na música uma ferramenta para o aumento da concentração e do foco. Por meio dela, pode-se reduzir a suscetibilidade a ruídos do ambiente.

A partir da melhor compreensão das características físicas do som, têm sido geradas aplicações em diversas áreas ao longo da história. No âmbito da produtividade e de sistemas de recomendação musical, tal compreensão torna-se fundamental para o desenvolvimento de aplicações mais personalizadas, cujos parâmetros de entrada são os próprios dados sensoriais fornecidos pelo usuário.

A música produz efeitos no coração. Durante a execução de uma música emocionante, em comparação com a execução de uma música mais calma ou com silêncio, tem-se a tendência do aumento da frequência respiratória (FR), diminuição da profundidade (KARANAM, 2015), e aumento da frequência cardíaca (FC) – a variação nos intervalos médios entre cada batimento (KOELSCH, 2015). Da mesma forma, a música poderia, em tese, auxiliar os níveis de pressão arterial e frequência cardíaca a voltarem aos valores basais após período de excitação, como na realização de atividades físicas; melhorando a função dos vasos sanguíneos relaxando as artérias (HARVARD, 2018).

Dessa maneira, alguns autores se basearam na hipótese de que haveria um aumento proporcional e linear na frequência cardíaca de um ouvinte de uma música emocionante, com um andamento mais rápido, e uma diminuição na frequência cardíaca ao se ouvir uma música relaxante, com um andamento mais lento (BERNARDI et al., 2009). Tais hipóteses e resultados obtidos têm sido questionados, devido à amplitude de tal conclusão.

Entretanto, se, por um lado, não é possível de se encontrar consenso no que tange à uma influência linear entre o andamento de uma música e a frequência cardíaca – como resposta da atividade do sistema nervoso autônomo (KRABS et al., 2015) –, por outro lado, encontram-se referências que corroboram a possibilidade dessa influência quando as peças musicais fazem parte das preferências pessoais do usuário (KARAGEORGHIS et al., 2011).

No que tange à produtividade, compreende-se que não se deve levar em conta apenas a questão da preferência musical – a qual varia de indivíduo a indivíduo. Deve-se evitar músicas com alto grau de dissonância, bem como músicas com letra, as quais também pode ser um fator de distração.

Dessa maneira, considerando todos esses fatores mencionados, foi desenvolvido um

Sistema de Recomendação Musical com base em um parâmetro fisiológico do usuário, a saber, seu próprio batimento, ou frequência cardíaca (FC). As músicas selecionadas pelo sistema de recomendação são as que possuem o andamento cujos valores são próximos da FC informada. O efeito sonoro da lista sugerida esperado é uma sensação de agradabilidade — consonância —, e a diminuição das distrações pela redução dos ruídos externos — mascaramento sonoro —, favorecendo o aumento da produtividade do seu ouvinte.

Referências

- ABLETON. What is live. 2020. Disponível em: <<https://www.ableton.com/en/live/what-is-live/>>. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 32.
- AHTISAARI, M. Music and emotion. 2015. Disponível em: <<http://syncproject.co/blog/2015/7/21/music-and-emotion>>. Citado na página 1.
- ALVAREZ, E. B. et al. Os sistemas de recomendação, arquitetura da informação e a encontrabilidade da informação. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2318-08892016000300003>>. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 30.
- BEETHOVEN, L. van. Sonate au clair de lune – 1er mouvement. 1801. Disponível em: <<https://www.imusic-school.com/wp-content/uploads/2019/08/sonate-au-clair-de-lune-beethoven.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 7.
- BELLINGER, D. L.; LORTON, D. Autonomic regulation of cellular immune function. In: *Autonomic Neuroscience : Basic Clinical*. [S.l.: s.n.], 2014. v. 182, p. 15–41. Citado na página 21.
- BENSON, D. *Music: A Mathematical Offering*. Scotland, UK, 2008. 426 p. Citado 8 vezes nas páginas 8, 1, 2, 3, 5, 6, 7 e 28.
- BERNARDI, L.; C, C. P.; SLEIGHT, P. Cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory changes induced by different types of music in musicians and non-musicians: the importance of silence. 2005. Disponível em: <<https://heart.bmj.com/content/92/4/445.short>>. Citado 4 vezes nas páginas 14, 15, 19 e 20.
- BERNARDI, L. et al. Dynamic interactions between musical, cardiovascular, and cerebral rhythms in humans. 2009. Disponível em: <<https://www.ahajournals.org/doi/full/10.1161/circulationaha.108.806174>>. Citado na página 35.
- BEZZON, G.; LEME, S. P. L.; DAVANZZO, C. Integração multidisciplinar em cursos de engenharia. In: *Revista de Ciências Exatas e Tecnologia*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 9–20. Citado na página 29.
- BIOPAC. Eda finger transducer. 2021. Disponível em: <<https://www.biopac.com/product/eda-finger-transducer-bsl/>>. Citado na página 16.
- BONAZ, B. L.; BERNSTEIN, C. N. Brain-gut interactions in inflammatory bowel disease. In: *Gastroenterology Journal*. [S.l.: s.n.], 2012. v. 144, p. 36–49. Citado na página 21.
- BRADT, J. et al. Music interventions for improving psychological and physical outcomes in cancer patients. In: *Cochrane Database of Systematic Reviews Review*. [S.l.: s.n.], 2011. v. 8. Citado na página 21.
- BRADT, J.; DILEO, C.; POTVIN, N. Music for stress and anxiety reduction in coronary heart disease patients. In: *Postępy higieny i medycyny doświadczalnej*. [S.l.: s.n.], 2013. v. 12. Citado na página 21.

- BRADT, J.; DILEO, C.; SHIM, M. Music interventions for preoperative anxiety. In: *Cochrane Database of Systematic Reviews Review*. [S.l.: s.n.], 2013. v. 6. Citado na página 21.
- CERVELLIN, G.; LIPPI, G. From music-beat to heart-beat: A journey in the complex interactions between music, brain and heart. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0953620511000513>>. Citado 6 vezes nas páginas 1, 12, 13, 14, 22 e 23.
- CHOU, P. T.-M. Attention drainage effect: How background music effects concentration in taiwanese college students. 2010. Disponível em: <<https://eric.ed.gov/?id=EJ882124>>. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 28.
- CIESIELCZYK, K.; THOR, P. J. Neural control disturbances of the gastrointestinal tract and visceral pain in inflammatory bowel diseases. In: *Postepy higieny i medycyny doswiadczalnej*. [S.l.: s.n.], 2013. v. 67, p. 304–314. Citado na página 21.
- CLAIR, N. S. Música e matemática: a genialidade de beethoven. 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=zAxT0mRGuoY>>. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 7.
- CONRAD, C. et al. Overture for growth hormone: requiem for interleukin-6? In: *Critical Care Medicine*. [S.l.: s.n.], 2007. v. 13, p. 2709–2713. Citado na página 13.
- CRITCHLEY, M.; HENSON, R. A. *Music and the Brain*. London, England, 1977. 474 p. Citado na página 12.
- DAVISON, J. T. R. Music in medicine. In: *The Lancet*. [S.l.: s.n.], 1899. p. 1159–1163. Citado na página 12.
- D.KREIBIG, S. Autonomic nervous system activity in emotion: A review. In: *Biological Psychology*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 394–421. Citado na página 18.
- EDWORTHY, J.; WARING, H. The effects of music tempo and loudness level on treadmill exercise. In: *Ergonomics*. [S.l.: s.n.], 2006. v. 46, p. 1597–1610. Citado na página 23.
- ELLIS, R. J.; THAYER, J. F. Music and autonomic nervous system (dys)function. 2010. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3011183/#R4>>. Citado na página 14.
- FLOWERS, P. J. Patterns of attention in music listening. In: *Bulletin of the Council for Research in Music Education*. [S.l.: s.n.], 2001. p. 48–59. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 27.
- GOMEZ, P.; DANUSER, B. Relationships between musical structure and psychophysiological measures of emotion. In: *American Psychological Association*. [S.l.: s.n.], 2007. p. 377–387. Citado na página 19.
- HALLIDAY, D.; WALKER, J.; RESNICK, R. *Fundamentos de Física*. Rio de Janeiro, Brasil, 2008. 312 p. Citado na página 2.

- HARVARD, H. L. Tuning in: How music may affect your heart. 2018. Disponível em: <<https://www.health.harvard.edu/heart-health/tuning-in-how-music-may-affect-your-heart>>. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 35.
- HENSCHER, C. J.; BAIER, T. *Progressões Geométricas na escala musical oriental*. VII Congresso Internacional de ensino de Matemática. ULBRA. Canoas, Rio Grande do Sul, 2017. Citado na página 10.
- HO, C.; MASON, O.; SPENCE, C. An investigation into the temporal dimension of the mozart effect: Evidence from the attentional blink task. In: *Acta Psychologica*. [S.l.: s.n.], 2007. p. 117–128. Citado na página 22.
- HORA, E. P. *As obras de Froberger no contexto da afinação mesotônica*. Tese de doutorado. Instituto de Artes, Unicamp, 2004. 39-40 p. Citado na página 9.
- HUANG, R.-H.; SHIH, Y.-N. Effects of background music on concentration of workers. 2011. Disponível em: <<https://content.iospress.com/articles/work/wor01141>>. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 28.
- HYDE, I. H.; SCALAPINO, W. The influence of music upon electrocardiograms and blood pressure. In: *American Journal of Physiology*. [S.l.: s.n.], 1918. p. 35–38. Citado na página 13.
- IWANAGA, M. Harmonic relationship between preferred tempi and heart rate. In: *Perceptual and Motor Skills*. [S.l.: s.n.], 1995. v. 81, p. 67–71. Citado na página 23.
- JAMES, W. What is an emotion? 1884. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/2246769?seq=1>>. Citado na página 14.
- JAUŠOVEC, N.; HABE, K. The “mozart effect”: An electroencephalographic analysis employing the methods of induced event-related desynchronization/synchronization and event-related coherence. In: *Brain Topography*. [S.l.: s.n.], 2003. p. 73–84. Citado na página 22.
- KANE, E. O. The phonograph in the operating room. In: *Journal of the American Medical Association*. [S.l.: s.n.], 1914. p. 1829–1830. Citado na página 12.
- KARAGEORGHIS, C. I.; JONES, L.; LOW, D. C. Relationship between exercise heart rate and music tempo preference. In: *Research Quarterly for Exercise and Sport*. [S.l.: s.n.], 2006. v. 77, p. 240–250. Citado 3 vezes nas páginas 15, 23 e 24.
- KARAGEORGHIS, C. I. et al. Revisiting the relationship between exercise heart rate and music tempo preference. In: *Research Quarterly for Exercise and Sport*. [S.l.: s.n.], 2011. v. 82, p. 274–284. Citado 5 vezes nas páginas 7, 23, 24, 25 e 35.
- KARANAM, K. Music touches the heart. 2015. Disponível em: <<http://syncproject.co/blog/2015/9/18/music-touches-the-heart>>. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 35.
- KOELSCH, L. J. S. Music and the heart. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv430>>. Citado 7 vezes nas páginas 1, 13, 14, 15, 18, 20 e 35.
- KOELSCH, S. Brain correlates of music-evoked emotions. In: *Nature Reviews Neuroscience*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 170–180. Citado na página 18.

- KRABS, R. U. et al. Autonomic effects of music in health and crohn's disease: The impact of isochronicity, emotional valence, and tempo. 2015. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0126224>>. Citado 14 vezes nas páginas 6, 7, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 35 e 46.
- LAZZARINI, V. E. P. Elementos de acústica. 1998. Disponível em: <http://hugoribeiro.com.br/biblioteca-digital/Lazzarini-Elementos_Acustica.pdf>. Citado na página 3.
- LEONIDO, L. Da expressão e expressividade geral À música em particular. In: *Revista de Música Clássica y Reflexión Musical*. [S.l.: s.n.], 2007. Citado na página 20.
- LINS, T. C. B. et al. Relação entre a frequência cardíaca de recuperação após teste ergométrico e índice de massa corpórea. In: *Revista Portuguesa de Cardiologia*. [S.l.: s.n.], 2015. v. 34, p. 27–33. Citado na página 24.
- MARK, G.; GUDITH, D.; KLOCKE, U. The cost of interrupted work: More speed and stress. 2008. Disponível em: <<https://www.ics.uci.edu/~gmark/chi08-mark.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 27.
- MARTINS, D. F. de P. S. Escalas, inversas e tríades: A matemática aplicada à música. 2015. Disponível em: <<https://uenf.br/posgraduacao/matematica/wp-content/uploads/sites/14/2017/09/16062015Daniel-Francisco-de-Paula-Sodre-Martins.pdf>>. Citado na página 8.
- MODERN. Module ecg. 2017. Disponível em: <<https://modernelectronics.com.pk/product/module-ecg>>. Citado na página 16.
- MUNIZ, M. Implicações dos mecanismos de recompensa e cognição implícita na formação de expectativas e manutenção do caráter funcional da música tonal. 2015. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/47/47135/tde-30042013-105949/publico/muniz_corrigeida.pdf>. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 27.
- MUSICCA. Termos musicais - andamento. 2021. Disponível em: <<https://www.musicca.com/pt/termos-musicais>>. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 47.
- NATER, U. M. et al. Sex differences in emotional and psychophysiological responses to musical stimuli. In: . [S.l.: s.n.], 2006. p. 300–308, Number = 62, Booktitle = International Journal of Psychophysiology. Citado na página 19.
- NEELY, A. The coltrane fractal. 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=J98jwtm5U4E>>. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 8.
- NILSSON, U. Soothing music can increase oxytocin levels during bed rest after open-heart surgery: a randomised control trial. In: *Journal of Clinical Nursing*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 2153–61. Citado na página 13.
- NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de física básica*. São Paulo, Brasil, 2013. 375 p. Citado na página 2.
- ORTA, E. S. G. de. Influência da matemática na concepção de sistemas acústicos. 2000. Disponível em: <<https://musicaeadoracao.com.br/25405/matematica-na-musica-capitulo-2/>>. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 10.

- PAPPAS, A. Emerging developer opportunities in enterprise productivity apps. 2014. Disponível em: <<https://www.slashdata.co/blog/emerging-developer-opportunities-enterprise-productivity-apps>>. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 27.
- PEREIRA, M. do C. Matemática e música de pitágoras aos dias de hoje. 2013. Disponível em: <<http://www2.unirio.br/unirio/ccet/profmat/tcc/2011/tcc-marcos>>. Citado 5 vezes nas páginas 6, 2, 9, 10 e 11.
- PETERSSON, M. Progress in brain research. 2002. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(02\)39024-1](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(02)39024-1)>. Citado na página 13.
- PODIO, C. Likert scale calculation. 2016. Disponível em: <<https://help.podio.com/hc/en-us/community/posts/208797148-Likert-Scale-calculation->>. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 16.
- PY, B. M. de A. A harmonia na música popular brasileira : reflexões sobre a prática e a teoria da harmonia e seu desenvolvimento através da canção no século xx. In: *Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Centro de Letras e Artes*. [S.l.: s.n.], 2006. p. 110. Citado na página 11.
- RAMOS, J. G. A. Algoritmos colaborativos para sistemas de recomendação. 2010. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10216/58817>>. Citado na página 30.
- RENDI, M.; SZABO, A.; SZABÓ, T. Performance enhancement with music in rowing sprint. In: *Sport Psychologist*. [S.l.: s.n.], 2008. v. 22, p. 175–182. Citado na página 23.
- RESNICK, P.; VARIAN, H. R. Recommender systems. 1997. Disponível em: <<http://search-ebshost-com.ez54.periodicos.capes.gov.br/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=12572301&lang=pt-br&site=ehost-live>>. Citado na página 30.
- RÉVÉSZ, G. *Einführung in die Musikpsychologie*. Bern, Switzerland, 1946. 314 p. Citado na página 12.
- SALARY. Wasting time at work 2012. 2012. Disponível em: <<https://www.salary.com/chronicles/wasting-time-at-work-2012>>. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 26.
- SANTOS, R. F. dos. Matemática e música: uma abordagem para explorar conceitos. 2015. Disponível em: <<https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/1503/1/Rodovlas%20Santos.pdf>>. Citado na página 9.
- SHIH, Y.-N.; HUANG, R.-H.; CHIANG, H. sun. Correlation between work concentration level and background music: A pilot study. 2009. Disponível em: <<https://www.slashdata.co/blog/emerging-developer-opportunities-enterprise-productivity-apps>>. Citado na página 1.
- SHU, H.; SONG, Y.; ZHOU, H. Assessment of music and water sounds for urban noise masking. In: *TENCON 2018 - 2018 IEEE Region 10 Conference*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 1451–1455. Citado na página 27.
- TODD, N. P. M. et al. Vestibular receptors contribute to cortical auditory evoked potentials. In: *Hearing Research*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 63–74. Citado na página 18.

- VALENTIN, V. E. et al. Musical auditory stimulation and cardiac autonomic regulation. 2012. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/complementary-therapies-for-the-contemporary-healthcare/musical-auditory-stimulation-and-cardiac-autonomic-regulation?jwsourc=cl#B31>>. Citado na página 12.
- WACHI, M. et al. Recreational music-making modulates natural killer cell activity, cytokines, and mood states in corporate employees. In: *Medical Science Monitor*. [S.l.: s.n.], 2007. v. 13, p. 57–70. Citado na página 13.
- WUENSCHÉ, C. A. A física da música. 2005. Disponível em: <http://www.das.inpe.br/~alex/FisicadaMusica/fisica_da_musica.pdf>. Citado 4 vezes nas páginas 6, 4, 5 e 11.
- XIAOMI. Mi band - hrx edition. 2020. Disponível em: <<https://mobile.mi.com/in/mi-band-hrx/>>. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 31.
- YOSHIDA, M. et al. Evidence that oxytocin exerts anxiolytic effects via oxytocin receptor expressed in serotonergic neurons in mice. In: *Journal of Neuroscience*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 2259–2271. Citado na página 13.

Apêndices

APÊNDICE A – Primeiro Apêndice

Nome:	Movimento	Termo	Andamento (bpm)
Sonata No. 8 D major, KV 311 (1777)			
	1	Allegro con spirito	142
	2	Andantino con espre	87
	3	Rondo Allegro	100
Sonata No. 10 C major, KV 330 (1783)			
	1	Allegro moderato	140
	2	Andante cantabile	43
	3	Allegretto	87
Sonata No. 11 A major (Alla Turca) , KV 331 (1783)			
	1	Andante grazioso	119
	2	Allegro moderato	128
	3	Allegro	146
Sonata No. 12 F major, KV 332 (1783)			
	1	Allegro	142
	2	Adagio	73
	3	Assai allegro	100
Sonata No. 13 Bb major, KV 333 (1783)			
	1	Allegro	127
	2	Andante cantabile	57
	3	Allegretto grazioso	163
Sonata No. 16 C major (Sonata facile) , KV 545 (1788)			
	1	Allegro	135
	2	Andante	56
	3	Rondo Allegretto	96
Sonata No. 17 Bb major, KV 570 (1789)			
	1	Allegro	160
	2	Adagio	45
	3	Allegretto	143

Figura 31 – Relação - Músicas utilizadas, andamento e termo correspondente

Anexos

ANEXO A – Primeiro Anexo

Compositor	Título	Gênero	Andamento (bpm)
Sons musicais agradáveis			
Antonio Vivaldi	Concerto grosso in G major, RV 310, 3. Allegro	Baroque	73
Jonathan Richman, Earl Zero	Egyptian Reggae	Reggae-Pop	105
W.C. Handy	St. Louis Blues	Blues	117
Johann Sebastian Bach	Suite No. 2 in B minor, BWV 1067, 7. Badinerie	Baroque	124
Joel Perri	El canto de mi Antara	Indio folk	128
Paul Desmond	Take Five	Jazz	169
Ruído semelhante a música			
Remo Giazotto	Adagio in G minor "Albinoni"	Neo-Baroque	73 (by Shepard tones)
Ludwig van Beethoven	Symphony No. 7 in A major, Op 92, 2. Allegretto	Classical	105 (by Shepard tones)
Ludwig van Beethoven	Piano Sonata No. 14 in C-sharp minor, Op. 27, No. 2 Allegretto	Classical	117 (by Shepard tones)
Gustav Mahler	Symphony No. 5, 4. Adagietto	Romantic	124 (by Shepard tones)
Duke Ellington	In a Sentimental Mood	Jazz	128 (by Shepard tones)
Samuel Barber	Adagio for Strings	Neo-Romantic	169 (by Shepard tones)

Figura 32 – Sons musicais, ruído semelhante a música - relação de músicas, autores, e respectivo andamento. Fonte: KRABS et al. 2015

ANEXO B – Segundo Anexo

Termo	Significado	BPM
<i>adagietto</i>	bastante devagar, ligeiramente mais rápido que o adagio	72-76
<i>adagio</i>	devagar	66-76
<i>allegretto</i>	moderadamente rápido, ligeiramente mais devagar que allegro	112-120
<i>allegro</i>	rápido	120-168
<i>allegro moderato</i>	moderadamente rápido, ligeiramente mais devagar que allegro	116-120
<i>allegro moderato</i>	moderadamente rápido, ligeiramente mais devagar que allegro	116-120
<i>andante</i>	ritmo de caminhada	76-108
<i>andante moderato</i>	ritmo de caminhada moderado, mais rápido que andante	92-112
<i>andantino</i>	andamento moderado, ligeiramente mais rápido que andante	80-108
<i>grave</i>	muito devagar	25-45
<i>larghetto</i>	bastante devagar e largo, ligeiramente mais rápido que largo	60-66
<i>larghissimo</i>	extremamente devagar, mais devagar que largo	25 e menos
<i>largo</i>	muito devagar e largo	40-60
<i>lento</i>	devagar	45-60
<i>moderato</i>	moderadamente	108-120
<i>prestissimo</i>	extremamente rápido, mais rápido que presto	200 e mais
<i>presto</i>	muito rápido	168-200
<i>vivace</i>	rápido e vivo	140-176
<i>vivacissimo</i>	muito rápido e vivo, mais rápido que vivace	172-176

Figura 33 – Termos Musicas - Andamento. Fonte: [MUSICCA 2021](#)