

Dissertação de Mestrado em Design e Multimédia
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade de Coimbra — 2014

Instrumentos
músico-visuais:
sintetização de
sons com cores

Lucas Sallum Castro Silva

Orientadores: Penousal Machado e Tiago Martins

Resumo

Este projeto de investigação envolve as áreas de teoria da cor, música e design de interação. Seu ponto central parte de uma pesquisa histórica específica sobre instrumentos musicais que produzem cor ao invés de som, criados principalmente entre meados do século XIX e começo do século XX. Ao entender as motivações e as reflexões na relação entre som e cor destes criadores e de outros pensadores da teoria da cor, é proposto uma inversão da abordagem onde a cor seja elemento modificador do som através de um sintetizador musical, buscando a elaboração de uma relação contemporânea e fundamentada ao ambiente digital.

Palavras-chave

Arte Digital, Color Organ, Cor, Design de Interação, Instrumentos Musicais, Música, Som, Sintetizadores, Visual Music

Abstract

This research project involves the areas of color theory, music and interaction design. The starting point is through a historical research on musical instruments that produce color instead of sound, created primarily between the mid-nineteenth century and early twentieth century. By understanding the motivations and reflections on the relationship between sound and color of these creators and other thinkers of color theory, we propose a reversal of approach where color is modifying element of sound through a music synthesizer, seeking the development of a contemporary relationship and grounded in digital environment.

Keywords

Color, Color Organ, Digital Art, Interaction Design, Music Instruments, Music, Sound, Synthesizer, Visual Music

Aos meus pais, pela confiança e apoio, sempre.

Índice

Lista de Figuras	11
1. Introdução	15
1.1. Motivação e Relevância	15
1.2. Objetivos	16
1.3. Metodologia	16
1.4. Estrutura da dissertação	17
2. Cor e Som	21
2.1. Introdução	21
2.2. Relações físicas	22
2.3. As primeiras relações subjetivas	23
2.4. Newton e a comprovação física	23
2.5. Goethe e a Teoria das Cores	24
2.6. Harris, Chevrueel e Hering	26
2.7. Colour Music	28
2.8. Bauhaus e as novas teorias	29
2.8.1. Johannes Itten	30
2.8.1.1. Círculo Cromático	31
2.8.1.2. Contraste Sucessivo	31
2.8.1.3. Constraste Simultâneo	32
2.8.1.4. Harmonia	32
2.8.1.5. Acordes	32
2.8.2. Wassily Kandinsky	32
2.8.2.1. Do Espiritual na Arte	34
2.8.2.2. A sistematização e ação da cor	36
2.8.2.3. A linguagem das cores e sons	36
2.8.3. Paul Klee	37
2.8.4. Joseph Albers	38

3. Instrumentos Músico-visuais Clássicos	43
3.1. Introdução	43
3.2. Clavecin Oculaire	43
3.3. Pyrophone	44
3.4. Colour Organ (Bishop)	45
3.5. Colour Organ (Rimington)	47
3.6. Sabaret	48
3.7. Clavilux	50
4. Desenvolvimento	55
4.1. Stereo Painting	55
4.2. Color Threm	58
4.3. Experimento inicial de leitura de cores	61
4.3.1. Avançando na conceitualização	61
4.3.2. Uma abordagem digital	61
4.4. Características básicas do som	62
4.4.1. Altura (frequência)	63
4.4.2. Intensidade (amplitude)	64
4.4.3. Timbre	64
4.5. Sintetizadores	65
4.6. Implementação de um sintetizador	68
4.6.1. Interface de interação	70
5. Conclusão	77
6. Bibliografia	81

Lista de Figuras

Fig. 1 - Escala de cor de Aristóteles.

(adaptado de http://www.colorsystm.com/?page_id=31&lang=en)

Fig. 2 - Esquema do experimento prismático de Newton, 1672.

(adaptado de <http://web.mit.edu/bcs/schillerlab/research/A-Vision/A10-1.html>)

Fig. 3 - Círculo cromático de Newton, 1670.

(retirado de <http://www.isovision.co>)

Fig. 4 - Círculo cromático de Goethe, 1809.

(retirado de <http://sketchuniverse.wordpress.com/2013/09/01/letters-diaries-and-manuscripts-7/>)

Fig. 5 - Círculo cromático de Harris, 1766.

(retirado de <http://acorsimplificada.com.br/circulos-cromaticos/>)

Fig. 6 - Círculo cromático de Chevreul, 1839.

(retirado de <http://acorsimplificada.com.br/circulos-cromaticos/>)

Fig. 7 - Círculo cromático de Hering, 1874.

(retirado de <http://acorsimplificada.com.br/circulos-cromaticos/>)

Fig. 8 - Círculo cromático de Itten, 1940. [10]

Fig. 9 - Improvisação III, Kandinsky, 1909.

(retirado de <http://noticias.universia.com.br/vida-universitaria/noticia/2012/02/29/914774/conheca-improvisaco-iii-wassily-kandinsky.html>)

Fig. 10 - Composição VII, Kandinsky, 1936.

(retirado de <http://noticias.universia.com.br/destaque/noticia/2012/05/29/937782/conheca-composico-vii-wassily-kandinsky.html>)

Fig. 11 - Três sons, Kandinsky, 1926. [13]

Fig. 12 - Sunset, Paul Klee, 1875. [18]

Fig. 13 - Exercício de Intervalo de Cores de Josef Albers. [20]

Fig. 14 - Pyrophone de 1875, pertencente ao Science Museum London. [25]

Fig. 15 - Ilustração e desenho esquemático do Colour Organ de Bishop, 1877. [26]

Fig. 16 - Light and Colour (Goethe's Theory of Colour), J.M.W. Turner, 1843. [26]

Fig. 17 - Colour Organ. [26]

Fig. 18 - Escala de Rimington. [9]

Fig. 19 - Exemplo de trecho musical com cores correspondentes. [9]

Fig. 20 - Escala de Cor de Hallock-Greenewalt, 1919. [28]

Fig. 21 - Thomas Wilfred apresentando com seu instrumento, Clavilux, 1922.
[retirado de <http://thecreatorsproject.vice.com/blog/original-creators-thomas-wilfred-the-father-of-multimedia>]

Fig. 22 - Esquema do Lumia [22].

Fig. 23 - Stereopainting da música “In My Time of Dyin”

Fig. 24 - Stereopainting da canção “Highway 61”

Fig. 25 - Apresentação do Color Theremin

Fig. 26 - Modo de interação do Color Theremin

Fig. 27 - Exemplos de resultados das interações com o Color Theremin

Fig. 28 - Representação do Tao no som. [33]

Fig. 29 - Representação de frequências graves e agudas. [33]

Fig. 30 - Representação de frequências de maior e menor amplitude. [33]

Fig. 31 - Representação de diferentes timbres. [33]

Fig. 32 - Minimoog Model D, 1970.

Fig. 34 - Esquema de funcionamento de um sintetizador.

Fig.35 - Diferentes formatos de onda gerados por um oscilador.

Fig.36 - Interface do software Reaktor, produzido pela Native Instruments.

Fig. 37 - Divisão de notas musicais no espaço de cor HSB (considerando $S = 100 / B = 100$)

Fig. 38 - Montagem do Protótipo.

Fig. 39 - Esquema de funcionamento do protótipo.

Fig. 40 - Estrutura de protótipo montada.

Fig. 41 - Protótipo em funcionamento.

Fig. 42 - Motor acoplado a disco de cor

Fig. 43 - Parte interna do protótipo, com o LED acesso

1. Introdução

1. Introdução

Este projeto de investigação parte do interesse de conseguir compreender alguns dos diversos experimentos e teorias criadas ao longo da história para as possíveis relações entre cor e som.

Desde a Grécia antiga, várias teorias foram formuladas por pessoas das mais diferentes áreas do conhecimento. Seja Aristóteles, Newton ou Kandinsky, todos utilizaram fatores físicos e/ou subjetivos para interpretar esta relação cor-som, criando uma rica e diversificada literatura sobre o tema.

Enquadrando nos experimentos realizados entre meados do século XIX e começo do século XX, que ficaram conhecidos como *colour organs*, e neste projeto também serão chamados de instrumentos músico-visuais, pretende-se com esta pesquisa compreender tais abordagens e reinterpretar componentes e comportamentos destes experimentos, utilizando uma linguagem contemporânea no que se refere tanto a estética quanto a tecnologia.

1.1. Motivação e relevância

O interesse por estes instrumentos músico-visuais reside no fato de estes serem uma das primeiras formas de interação entre o ser humano e uma máquina na tentativa de criar representações e relações entre cor e som. Também pode-se considerar estes objetos como percussores na utilização de um instrumento musical para uma função diferente de sua concepção original, representando uma forma interativa em uma espécie de arte pré-multimídia.

Através do pioneirismo destes autores, este projeto busca apresentar uma abordagem multi disciplinar que envolve diretamente as áreas da teoria da cor, música, design de interação, história e computação física. Além de, indiretamente, eletrônica, psicologia, filosofia e física.

Busca-se uma compreensão das diferentes razões que levaram estes autores a formularem tais ideias: entender as semelhanças e as diferenças entre cada projeto. Partindo do pressuposto que não é possível traçar uma única verdade científica sobre o assunto, o objetivo passa por compreender e colaborar para o entendimento destas teorias, além de referenciar estas invenções centenárias que fascinam por suas inovações e pela ousadia.

1.2. Objetivos

Compreender historicamente e conceitualmente as diversas relações estabelecidas entre o estudo das cores e suas possíveis relações com o som.

Entender e delimitar os limites e diferenças destas analogias em termos físicos, filosóficos e artísticos.

Avançar no processo de elaboração de uma analogia passível de uma demonstração experimental capaz de sustentar-se conceitualmente.

1.3. Metodologia

O trabalho pode ser dividido em duas importantes vertentes que acabam por guiar a metodologia de trabalho: a parte histórica e teórica que envolve não só os instrumentos músico-visuais, como as mais importantes teorias das cores e são concentradas em pesquisa bibliográfica; a componente exploratória para desenvolver uma abordagem própria para a sintetização do som através de cores e uma estrutura de interação que suporte tal abordagem.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, a recolha bibliográfica das principais teorias dos estudos das cores é fundamental. Depois iremos compará-las e extrair os trechos específicos onde o som (ou a música) são relacionados, criando um pequeno panorama mais específico, em ordem cronológica.

Para se transportar estes paradigmas afim de obter êxito na elaboração de uma nova relação, é investido na compreensão de tecnologias sonoras e visuais posteriores ao foco histórico da pesquisa, nomeadamente os sintetizadores de som e tecnologias de computação física, o que também envolve o entendimento das propriedades físicas do som e como é possível sua manipulação em ambiente digital.

1.4. Estrutura da dissertação

O conteúdo está dividido em 5 capítulos.

No capítulo 2, “Cor e Som”, é apresentado um histórico sobre os estudos das principais teorias das cores, da Grécia Antiga até os educadores da Escola da Bauhaus nas primeiras décadas do século XX, com um enfoque nas relações estabelecidas com o fenômeno sonoro.

No capítulo 3, “Instrumentos Músico-Visuais”, descreve uma série de experimentos, de um período histórico específico, que resultaram em artefatos que produziam *colour music* e suas variações.

No capítulo 4, é descrito o desenvolvimento dos experimentos, a evolução da abordagem propostas, além de um aprofundamento nas propriedades do som, história e funcionamento dos sintetizadores e sistemas de cor.

O capítulo 5 apresenta a conclusão.

2. Cor e som

2. Cor e som

2.1. Introdução

A busca por relações ou semelhanças entre fenômenos experienciados por diferentes órgãos sensitivos do ser humano é um objeto de estudo muito amplo e alvo de investigação por diferentes disciplinas do saber ao longo de toda a história recente da humanidade. Sua complexidade despertou as mais variadas hipóteses que variam entre a pura subjetividade até o máximo rigor científico.

Neste capítulo, focaremos nas diversas analogias e relações desenvolvidas no âmbito do estudo das cores em relação ao fenômeno sonoro. Não é de interesse deste estudo um aprofundamento nas definições e discussões acerca dos termos “som”, “ruído” ou “música”, admitindo-se que cada autor apresentado possui sua própria interpretação sobre o fenômeno sonoro, e assumindo que o paradigma que observa-se aqui é um estudo das analogias sonoras dentro do universo das cores, e não o contrário.

É importante entender as semelhanças físicas do fenômeno de ver as cores e de escutar o som, que são as bases para algumas das ideias desenvolvidas pelos teóricos apresentados. Após, é apresentado um histórico de algumas analogias entre cor e som, predominantemente de caráter subjetivo, que foram apresentadas desde a Grécia Antiga até os experimentos científicos de Issac Newton no século XVII e a discordância de Johann Wolfgang von Goethe no primeiro grande estudo aprofundado sobre as cores. Também é apresentado os conceitos da *colour music*, uma aproximação mais sólida entre as duas áreas que serviu de base para as criações de alguns dos instrumentos músico-visuais descritos no próximo capítulo. Por fim, é apresentado a consolidação do estudo das cores com artistas e professores da Escola de Bauhaus na primeira metade do século XX.

2.2. Relações físicas

Embora não seja o foco deste estudo, é importante, inicialmente, definirmos o que é, e quais as semelhanças físicas entre estes dois fenômenos.

O som, como escutamos, é uma vibração atmosférica. A cor, como nossos olhos conseguem enxergar, é basicamente os raios de luz não absorvidos por uma superfície. Como podemos relacionar diretamente estas duas percepções, que são captadas por órgãos sensoriais diferentes

mas que podem compartilhar características comuns tanto em questões físicas quanto no plano abstrato de interpretação da mente humana?

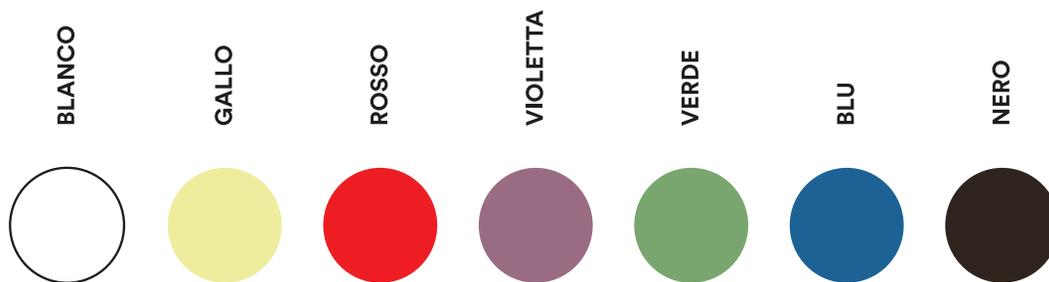
O que é conhecido como Dó Médio (C), a nota musical utilizada como referência de altura para a maioria dos instrumentos musicais, é o efeito produzido sobre a orelha no cérebro por 256 vibrações da atmosfera por segundo. Estas vibrações são chamadas de frequência. Ao se dobrar a frequência obtemos novamente um C, uma oitava acima, obtendo um som mais agudo, ao dobrarmos mais uma vez a frequência obtemos outra oitava do C ainda mais alta [1].

A cor, é um efeito produzido sobre os olhos, sendo a interpretação do cérebro para os sinais nervosos vindo dos olhos. A percepção de cores também é resultado de frequências no espectro eletromagnético. Porém, diferentemente do som, a cor é um fenômeno fisiológico e não físico, pois um mesmo comprimento de onda pode ser percebido de maneira diferente entre pessoas diferentes [1].

2.3. As primeiras relações subjetivas

Na Grécia antiga, desenvolveu-se a primeira teoria das cores. Demócrito de Abdera (460 a.C. - 370 a.C.) e Empédocles de Agrigento (492 a.C. - 431 a.C.) sugeriam que todas as cores eram derivadas de quatro cores equivalentes aos quatro elementos clássicos: água, terra, fogo e ar.

Porém, foi Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.) o criador da primeira divisão e sistematização de cores, consequentemente a primeira escala de cores, que eram sete, todas resultante da mistura do preto e branco [Fig. 1]. A divisão em sete serviu como uma analogia as sete notas musicais, na primeira associação direta entre cor e som, além de ser uma analogia também aos sete planetas conhecidos e posteriormente, os sete níveis do conhecimento, sabores e fases da vida humana. Esta teoria foi amplamente difundida até o final do século XVII e estas analogias eram usadas para definir a harmonia das cores. [2]



2.4. Newton e a comprovação física

No final do século XVII, em Cambridge, Sir Isaac Newton (1642 - 1727) publicou trabalhos que buscavam uma compreensão física das cores enquanto fenômeno. Através de um feixe de luz passando por uma prisma triangular, ele decompôs a luz branca nos seus comprimentos de onda componentes. Essa luz refratava-se em diferentes ângulos, que correspondem aos diferentes comprimentos de onda, emergindo sete cores diferentes através de um feixe: violeta, lilás azul, verde, amarelo, laranja e vermelho [Fig. 2]. Ao inverter o processo, Newton observou que as sete matizes juntas resultavam na luz branca e concluiu que somente luz gera cor. [3]

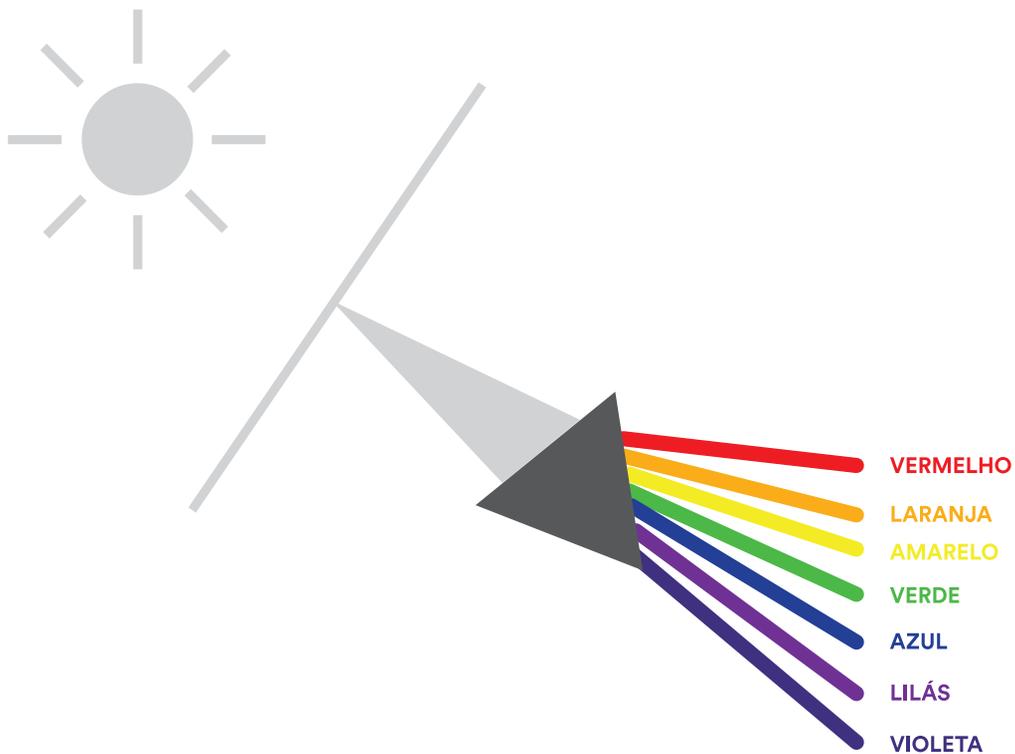


Fig. 2 - Esquema do experimento prismático de Newton, 1672.

Para representar as sete cores do espectro, ele desenvolveu a primeira representação de um círculo de cores [Fig. 3], e atribuiu equivalências as sete notas musicais da escala musical diatônica, numa conexão direta entre os dois fenômenos. Esta maneira que Newton encontrou de representar facilitava uma visualização do espectro e como visualizava-se as transições entre os tons.

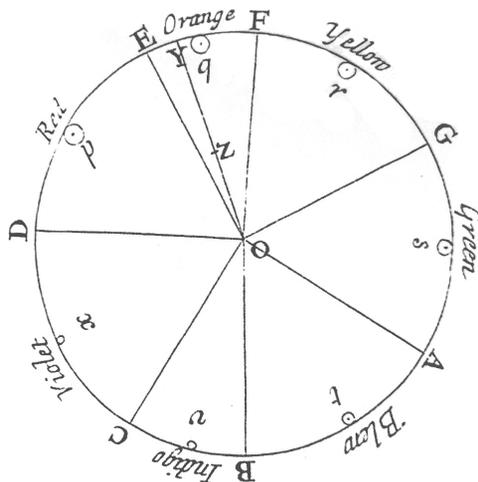


Fig. 3 Círculo Cromático de Newton, 1672

2.5. Goethe e A Teoria das Cores

Johann Wolfgang von Goethe (1749 - 1832) foi um dos maiores e mais completos escritores de língua alemã de todos os tempos. Depois de alcançar enorme sucesso no campo literário, decidiu dedicar-se às ciências, onde criou interesse especial sobre as teorias newtonianas sobre às cores.

Nesta área, seu trabalho foi todo construído a partir do exame crítico das proposições de Newton. Depois de compreender e interpretar não só os experimentos, mas os processos científicos utilizados por Newton foi que Goethe propôs suas próprias idéias, que iam em direções opostas e muito críticas às de Newton. Mesmo com um trabalho investigativo de três décadas suas idéias foram rejeitadas pela comunidade científica da época, não só pela discordância de teorias tão bem fundamentadas por um cientista já renomado, mas também pelo caráter poético e literário de suas descrições. Para Goethe ciência e estética eram duas faces de um mesmo objeto. Assumindo uma postura científica onde o enfoque do fenomenológico prioriza o elemento qualitativo a partir de um rigor de observação, deixando as bases matemáticas em segundo plano [3].

Publicado em 1810, o livro *Zur Farbenlehre* (traduzido para o português como *Teoria das Cores* e também *Doutrina das Cores*), era um grande tratado sobre o assunto, dividido fundamentalmente em três aspectos: histórico, crítica e didático.

Na primeira parte, histórica, o autor faz um resumo dos estudos das cores desde a antiguidade até o período dos seus estudos. A parte crítica apresenta toda a fundamentação de sua discordância as teorias de Newton enquanto a didática mostra os fundamentos de sua pesquisa e o desenvolvimento de suas ideias, experimentos e vivências.

Segundo Goethe, Newton descrevia apenas as direções dos raios de luz para explicar que as cores eram partes da luz branca. Já para Goethe o importante era perceber a totalidade do fenômeno, como o olho processava as imagens coloridas e como isso afetava os sentimentos dos homens como um todo. Goethe acreditava no poder das cores e buscou nelas os fenômenos sensíveis e psicológicos, tentando desvendar sua natureza misteriosa, diferentemente do cientificismo matemático de Newton.

Apesar do desinteresse científico à época, posteriormente vários artistas seguiram as ideias de Goethe, muito devido à sua busca de eliminação das barreiras entre arte e ciência. Um século depois, todos os importantes artistas e professores da Escola de Bauhaus que se envolveram mais substancialmente no estudo das cores (Johannes Itten, Paul Klee, Wassily Kandinsky e Joseph Albers) evocaram as teorias de Goethe para a elaboração de seus cursos e trabalhos artísticos e teóricos [4].

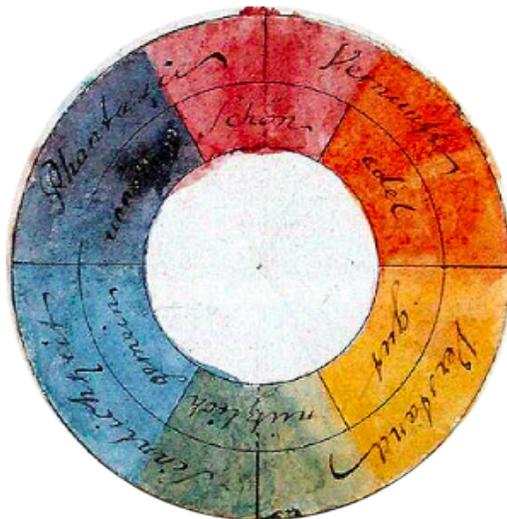


Fig. 4 - Círculo Cromático de Goethe, 1809

O círculo cromático de Goethe [Fig. 4] contém três cores primárias (amarelo, azul e vermelho) e três cores secundárias (laranja, violeta e verde). Entre o verde e o amarelo está o lado positivo e entre o azul e o vermelho o lado negativo. Esta composição era o primeiro classificação emocional das cores, onde segundo o autor o lado positivo eram cores que transmitiam alegria e excitação enquanto o negativo estimulavam a fraqueza e a saudade [5].

Em *Doutrina das Cores*, Goethe também chama a atenção para a afinidade das teorias com outras disciplinas do conhecimento como arte, filosofia, matemática, tingimento de tecidos, fisiologia e patologia, biologia, física e música.

Goethe admite em seu estudo a relação das cores com as melodias, lembrando que diversos autores anteriores estabeleceram tais alusões, que ele chama de paralelos circunstanciais. Porém, o autor afirma que ambos são fenômenos que não se misturam. Para explicar tal situação, ele utiliza da metáfora que cada um dos fenômenos seria um rio, que nascem na mesma montanha, mas que seguem caminhos em duas regiões diferentes de modo que não se cruzam diretamente. Ambos compartilham de efeitos elementares de ondulação e oscilação, mas atuando em dois ambientes distintos e de diferentes maneiras [6].

2.6 Harris, Chevrueil e Hering

No mesmo período e após as teorias de Goethe, outros círculos cromáticos foram desenvolvidos por diferentes pensadores e cientistas, apresentando novas abordagens sobre as relações entre cores, entretanto estas teorias não corroboraram com relações ao fenômeno sonoro, mas são importantes para se entender o processo de evolução dos estudos.

O círculo cromático do etnologista inglês Moses Harris (1731-1785) [Fig. 5] era formado por dois círculos, que tinha em seu centro as cores primárias vermelha, amarela e azul. O centro deste círculo apresentava o que Johannes Itten chamou posteriormente de mistura subtrativa, a sobreposição destas cores produziam a cor preta. O círculo exterior foi nomeado de “círculo das misturas” e era baseado no círculo interior. Esta teoria foi inspirada no obra de Jacques Christophe Le Blon (1667 - 1742) que foi o responsável pelo desenvolvimento da impressão colorida [5].

O químico francês Michel Eugène Chevreul (1786 - 1889) ao tornar-se diretor de uma fábrica de tapetes, detectou problemas para se alcançar os efeitos das cores corretamente. Ele percebeu que a causa para tal não era os tingimentos em si, mas sim a proximidade dos tons no entrelaçamento dos fios. Através de três cores primárias (vermelho, amarelo e azul) e três cores secundárias (laranja, verde e violeta) ele desenvolveu um sistema de 72 cores [Fig. 6] baseado no que Itten mais tarde

chamou de contraste simultâneo, no qual admitia que a justaposição e interação das cores afetava a percepção humana sobre a mesma, relações que seriam a base dos estudos de Joseph Albers anos mais tarde na Escola de Bauhaus e na Universidade de Yale. Este trabalho influenciou a maneira de se utilizar as cores nos movimentos Impressionistas e Neoimpressionistas. O brilho das cores é colocado pela primeira vez como uma importante componente na composição de um sistema, o que serviria de base para o espaço de cor HSB (Cap. 4) utilizado atualmente em suportes digitais.

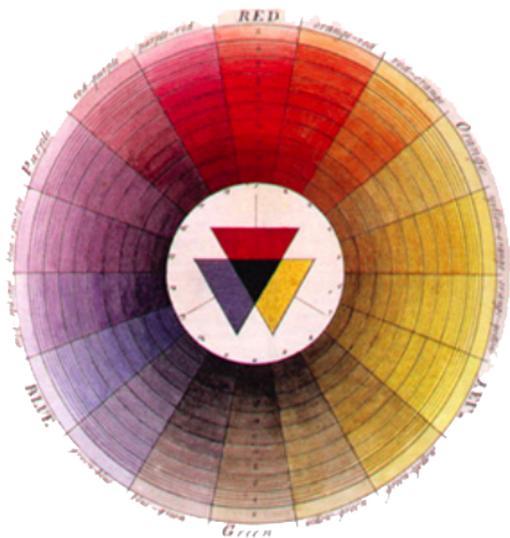


Fig. 5
Círculo Cromático
de Morris, 1766



Fig. 6
Círculo Cromático
de Chevreul, 1839

Ewald Hering (1834 - 1918) foi um fisiologista que publicou em 1874 a obra *Theory of Sensitive to Light*, onde examinou aspectos da percepção humana em relação as cores primárias e definiu as cores vermelho, verde e azul como a base de um sistema [Fig. 7], sendo o primeiro estudo a consolidar o que viria a ser o padrão adotado por telas e dispositivos eletrônicos, o RGB.

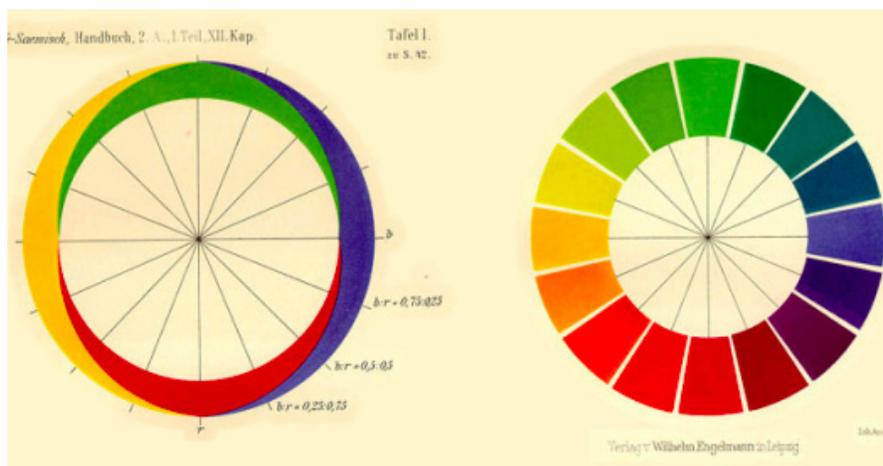


Fig. 7 - Círculo Cromático de Hering, 1874

2.7 Colour Music

Em 1730, foi o padre jesuíta Castel que avança para uma proposta de experimentação prática relacionando cor e som. Seu interesse pelo assunto começa quando ele notou que os pintores muitas vezes adotam o vocabulário utilizado na música, ao falarem sobre tom, harmonia e dissonância das cores.

Em seu entendimento, a forma mais primitiva de se classificar uma pintura era simplesmente um conjunto de cores, e a forma mais primitiva de se classificar uma música era como um conjunto de notas musicais. Castel se distancia das teorias físicas de Newton e aproxima da abordagem artística e abstrata utilizada nas artes [7]. O projeto de Castel é descrito no capítulo 3, Instrumentos Músico-Visuais.

Em 1844, D.D. Jameson cria o termo *colour music*, e publica um livro de mesmo nome, onde, “o objeto deste pequeno tratado é de natureza simples e prática - introduzir uma nova música,

chamada colour music, um sistema prático que agora é construído pela primeira vez, e para aplicar alguns dos seus princípios para tornar o estudo e prática de música mais fácil e mais popular” [8]. É importante destacar, que o termo “colour music” começa a ser empregado nas variantes de uma aplicação prática nas relações entre cor e som, fundamentando seus conceitos através de experimentações e se afastando de questões puramente teóricas.

O professor inglês de belas artes Alexander Rimington, lança em 1911 o trabalhado chamado de *Colour-music, the art of mobile colour* [9] onde descreve sua experiência na criação de um instrumento de *color music* e toda a teoria a cerca do tema. Rimington enumerou cinco características comuns a cor e o som, que indicam suas relações tanto no campo físico quanto no subjetivo:

- 1) Cor e sons musicais são ambos produzidos pela vibração agindo sobre as terminações nervosas dos olhos e orelhas, respectivamente.
- 2) Ambos são limitadas a uma determinada faixa de vibrações visíveis e audíveis, e há certas relações numéricas entre eles que podem ou não ter significados psicológicos.
- 3) Ambos são em grande parte dependente de seu efeito comum, mental ou psicológico sobre graus relativos de harmonia e dissonância.
- 4) Combinações e seqüências de notas ou tons em ambos são capazes de afetar-nos emocionalmente e dar-nos prazer ou dor.
- 5) Ambos são capazes de adicionar interesse para aprofundar ou diminuir impressões mentais recebidas de outras fontes.

2.8 - Bauhaus e as novas teorias

Posterior aos primeiros experimentos da colour-music, foi na Escola de Bauhaus, que funcionou de 1919 até 1933, que a relação entre cor e som encontrou hipóteses mais complexas, fruto de um pensamento vanguardista convergente que a Alemanha experimentava no começo do século XX. Com o trabalho de diversos artistas que alcançariam reputação internacional não somente coletivamente, mas por seus respectivos trabalhos individuais, a Escola de Bauhaus foi um marco em aprimorar o ensino artístico para o que pode-se considerar a primeira escola de Design do mundo. Tendo como ponto central a arquitetura, esta escola se desenvolveu rapidamente criando

uma linguagem própria e um nível de experimentação com um foco funcional nunca antes desenvolvido.

O estudo das cores ganhou muita importância e atenção na Bauhaus, que dividia o estudo da cor como ciência e o estudo da cor como arte. As teorias desenvolvidas e lecionadas por Wassily Kandinsky, Paul Klee, Josef Albers e Johanatten Itten, todos professores da Escola de Bauhaus, embora posteriores aos instrumentos músico-visuais descritos neste trabalho, abrangem de maneira significativa os diversos fenômenos que envolvem a relação do homem com as cores, sejam físicos, psicológicos, químicos ou sociais [3].

2.8.1. Johannes Itten

Johannes Itten (1888 - 1967), um dos principais professores da Bauhaus, desenvolveu teorias e métodos que são, ainda hoje, base para o ensino das cores em cursos por todo o mundo. Para ele, entender o efeito das cores passa sempre por considerar sua ação visual, psicológica e simbólica, impossibilitando a dissociação de qualquer um destes fatores.

Considerando o estudo das cores denso e complexo, é possível dividi-lo em diferentes áreas do saber. Enquanto o artista se interessa pelo aspecto estético das cores, a física estuda as partículas envolvidas no fenômeno da luz e a natureza das vibrações eletromagnéticas, estudos iniciados por Isaac Newton. A química dedica-se as estruturas moleculares de corantes e pigmentos, área que continua em desenvolvimento contínuo nos processos industriais de impressão. A fisiologia busca entender os efeitos de luz e cores no corpo humano, principalmente nos olhos e cérebro. A psicologia estuda as mais diferentes influências que a radiação das cores podem exercer em nossa mente, de aspectos culturais e sociais à percepção subjetiva.

No aspecto estético, área que Itten desenvolveu a maior parte das suas idéias, ele definiu três direções pelas quais a estética das cores deveria ser abordada: a impressão, ou seja, o impacto visual; a expressão, relacionada à emoção, e a construção, relacionado ao simbólico. Embora Itten afirme que diferentes artistas predominem uma direção em detrimento das outras, ele conclui “simbolismo sem acuidade visual e sem força emocional seria mero naturalismo anêmico; efeito visual impressionante, sem verdade simbólica e poder emocional caracterizaria ser limitada ao plano da expressão sentimental” [10].



Fig. 8 Círculo Cromático de Itten

2.8.1.1. Círculo Cromático

O círculo cromático de Itten [Fig.8] representa bem a busca pela funcionalidade e sistematização que caracterizaram a Bauhaus. Trabalhando com 12 cores, Itten inicia pelo centro com as cores primárias - azul, vermelho e amarelo, e amplia-se à suas combinações para as cores secundárias, verde, laranja e roxo. O anel exterior é o que Itten considera as cores terciárias, teoricamente uma mistura de uma cor primária com uma secundária.

2.8.1.2. Contraste Sucessivo

Itten também se utilizou de fenômenos fisiológicos para explicar e exemplificar conceitos. “Se olhar por algum tempo em um quadrado verde e fechar nossos olhos, vemos, como uma imagem posterior, um quadrado vermelho. Se olharmos para um quadrado vermelho, a pós-imagem é um quadrado verde. Esta experiência pode ser repetida com qualquer cor, e a pós-imagem sempre acaba por ser de cor complementar” [10]. Para Itten, o fato de o olho humano postular a cor complementar, é a busca pela manutenção do equilíbrio, fator fundamental para o conceito de harmonia, e é chamado de contraste sucessivo.

2.8.1.3. Constraste Simultâneo

Outro experimento utilizado por Itten para explicar constrastes e cores complementares são as interações entre cores, que mais tarde seriam estudadas por um de seus alunos, Josef Albers. “Nós inserimos um quadrado cinza em uma área de cor pura. No amarelo, o cinza vai parecer cinza violeta; no laranja, cinza azulado; no vermelho, cinza esverdeado; no verde, cinza avermelhado; no azul, cinza alaranjado e em violeta, cinza amarelado” [10].

2.8.1.4. Harmonia

Cores harmônicas são elementos intrínsecos a criação de composições visuais agradáveis na mesma forma como sons harmônicos são fundamentais na criação de composições musicais.

Itten descreve a harmonia de cores como a “arte de desenvolver temas de relações de cores sistemáticos capazes de servir como base para a composição”, enquanto a harmonia musical é descrita como “a combinação de sons simultâneos” [11].

2.8.1.5. Acordes

Além do termo “harmonia”, Itten também utiliza o termo “acorde” para um conjunto de cores harmônicas, chamadas, dependendo do número, de díades, tríades, tétrades etc. Esses acordes de cor são criados a partir de regras estabelecidas no círculo cromático. Na música, um acorde é um conjunto de três ou mais notas tocadas em simultâneo, sempre com uma nota de referência, chamada de tônica, e, também a partir de regras de combinação na escala cromática musical, é possível diferentes acordes: maiores, menores, de sétima etc [12].

2.8.2. Wassily Kandinsky

Wassily Kandinsky nasceu na Rússia no ano de 1866, e durante sua juventude estudou desenho, piano e violino posteriormente ingressando na universidade de Moscou para estudar economia política e direito. Durante a faculdade, realizou um trabalho etnográfico junto aos Komis, habitantes da província de Vologda, também na Rússia, que na altura eram considerados primitivos .

Somente aos 30 anos se mudou para Munique para estudar pintura. Todas as diferentes atividades realizadas por Kandinsky convergiram para o seu desenvolvimento não só como um artista, mas como um grande teórico da arte, segundo disse “paleta e máquina de escrever são dois instrumentos complementares” [13]. Nos anos seguintes, já com alguma reputação artística, começou um processo de completo desprendimento aos padrões artísticos, e influenciado pela

experiência etnográfica, se interessou pelos significados e valores espirituais decorrentes de processos históricos, sociais e culturais [14].

Teve um papel fundamental na arte, no desejo da criação de obras com formas abstratas e de cor pura, foi responsável pelo surgimento do abstracionismo [15]. O contato de Kandinsky com a música é considerado primordial para o seu desenvolvimento artístico. Seus pais tocavam cítara e piano, e o próprio também tocava piano e violoncelo [16].

Ele encontrou na abstração os elementos necessários para construir uma linguagem pictórica que equivalesse à música, que acreditava ser a mais pura das artes. “Para o artista criador que quer e que deve exprimir o seu universo interior, a imitação das coisas da natureza, ainda que bem sucedida, não pode ser um fim em si mesma. E ele inveja a facilidade com que a mais imaterial das artes, a música o consegue. Compreende-se assim que o artista se volte para ela e que se esforce por descobrir e aplicar processos similares. Daí, a existência em pintura da atual procura de ritmo, da construção abstracta, matemática, e também do valor que hoje em dia se atribui à repetição dos tons coloridos, ao dinamismo da cor” [16].

A interseção entre a música e a pintura foi absorvida de maneira natural, “Escutando Wagner, Kandinsky revela, “parecia ver todas as minhas cores, estavam debaixo dos meus olhos. Linhas desordenadas, quase extravagantes desenhavam-se diante de mim”” [16]. Uma série de obras foram nomeadas como *Improvisação* [Fig. 9] e tantas outras como *Composição*” mais um aspecto em que podemos identificar essa indissolução entre música e cor.



Fig. 9 - Improvisação III, Kandinsky, 1936

Na obra *Composição VII* [Fig.10], de 1936, as faixas diagonais remetem a acordes sucessivos de uma música, servindo como base para as formas geométricas e abstratas e delimitando a obra, criando uma sensação de temporalidade [16].

As composições sobrepostas de curvas, linhas e blocos de cores vivas e formas geométricas promovem uma beleza estética e reações emocionais que se assemelham à audição de um concerto de música clássica. É notável, no trabalho do artista, a cor como o elemento fundamental para essa conexão ao som [15].

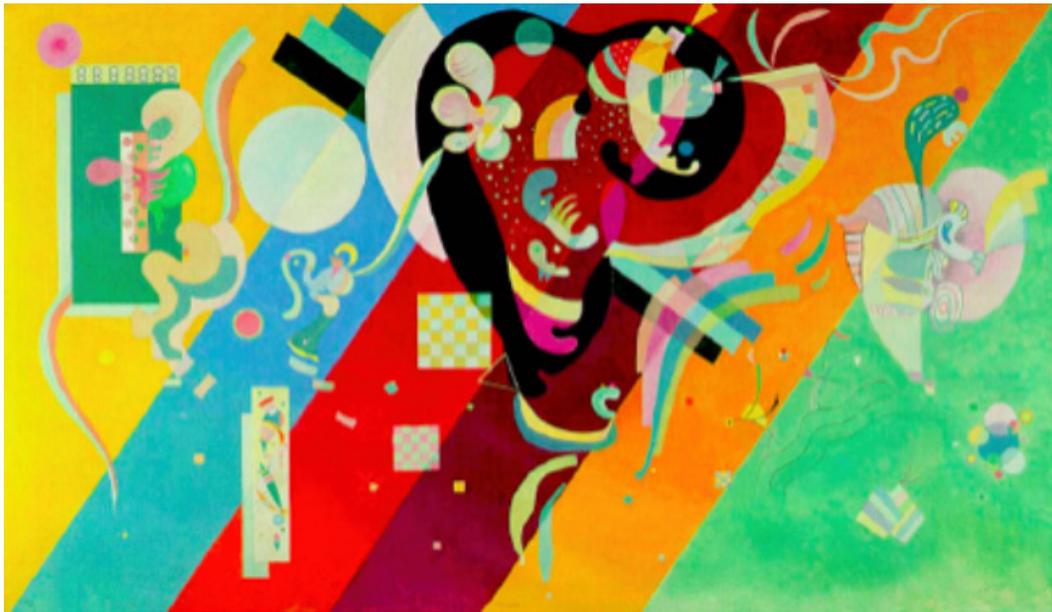


Fig. 10 - Composição VII, Kandinsky, 1926

2.8.2.1. Do Espiritual na Arte

Como muitos outros artistas da efervescente cena cultural alemã do começo do século XX, Kandinsky também se tornou notável na produção de um material teórico que fundamentou e proporcionou grande relevância para todo o seu trabalho artístico. Neste campo, destaca-se o ensaio de *Do Espiritual na Arte*, publicado originalmente em 1910, que revelaria suas teorias sobre o valor espiritual da arte e o potencial emocional da cor. “O que conta é a ressonância espiritual, a ação direta da cor sobre a alma” [14].

Durante todo este ensaio, ele insiste em um tipo de sistematização onde prevaleça os valores espirituais da arte independente do suporte, no que afirmava existir uma equivalência absoluta entre todas as artes. “Não basta comparar os procedimentos das mais diferentes artes: esse ensino de uma arte por uma outra não pode dar frutos se permanecer unicamente exterior. Deve ajustar-se aos princípios de uma e de outra. Uma arte deve aprender de outra arte o emprego de seus meios, inclusive os mais particulares, e aplicar depois, segundo seus próprios princípios, os meios que são dela e somente dela” [14].

Não só na música, mas em todo o processo musical encontrava elementos que eram equivalentes à arte pictórica. “a cor é a tecla. O olho é o martelo. A alma o piano de inúmeras cordas”, sua devoção a música como arte mais pura lhe fizeram afirmar que esta era a arte por excelência capaz de exprimir a vida espiritual de um artista [14].



Fig. 11 - Três Sons, Kandinsky, 1926

A obra *Três Sons*, de 1926, [Fig. 11] é uma complexa construção de formas e cores onde os “sons” do título podem se referir às três formas triangulares presentes ao centro ou mesmo às diversas ressonâncias das formas amarelas [13]. Realizado mais de uma década após a publicação de *Do Espiritual na Arte*, esta obra corrobora definitivamente sua interpretação sobre formas, cores e sons: “A forma, mesmo abstrata, geométrica, possui seu próprio som interior; ela é um ser espiritual, dotada de qualidades idênticas às dessa forma. Um triângulo é um ser. Um perfume espiritual que é próprio emana dele” [14].

2.8.2.2. A sistematização e ação da Cor

Kandinsky não propôs conexões diretas em cores e notas musicais, mas sim a existência de seis cores fundamentais enquadradas pelo preto e branco, que equivalem na pintura aos intervalos musicais. Em relação aos contrastes, ignorou as questões físicas levantadas por Goethe e Itten (contraste sucessivo), afirmando que o grande contraste existente é entre os tons amarelo e azul, e não entre os tons vermelho e verde.

Simplificou a ação das cores em dois efeitos, um estritamente físico, onde compara a excitação do olho sobre uma cor à do paladar em uma comida picante ou a ponta de um dedo ao tocar uma pedra de gelo. O segundo efeito, e o que mais interessava Kandinsky, é o efeito físico apenas como um caminho que leva a cor a atingir à alma, assim como a música o faz naturalmente, caminho este que está diretamente relacionado ao desenvolvimento espiritual do observante. “Como a chama é vermelha, o vermelho pode desencadear uma vibração interior à da chama. O vermelho quente tem uma ação excitante: sem dúvida, porque se assemelha ao sangue, a impressão que ele produz pode ser penosa, até dolorosa. A cor, neste caso, desperta a lembrança de outro agente físico que exerce sobre a alma uma ação penosa” [14].

2.8.2.3. A linguagem das cores e sons

Cores e sons se assemelham também na complexidade e variabilidade que estão sujeitos devidos a fatores externos. A espacialidade de um local irá sempre influenciar na propagação do som assim como a luminosidade irá influenciar na percepção das cores. Quando escutamos a palavra vermelho, o pensamento de cada pessoa é materializado com um determinado tom de vermelho que será impreciso, porque a palavra vermelho não obedece limites de um espectro de cor. Para Kandinsky, essa visão totalmente interior apesar de não exata, também é precisa pois permanece pura e não é abalada por “tendências acidentais”. Essa mesma reação acontece quando escutamos, por exemplo, a palavra “trompete” e imaginamos o som de um trompete sem levar em consideração as variações do ambiente (ar livre/sala) ou do tipo de pessoa que está tocando.

2.8.3. Paul Klee

O suíço Paul Klee, foi conhecido por ser um dos primeiros e mais influentes mestres da Bauhaus. Inseriu no campo das artes visuais a Teoria da Forma, que com os conceitos de ritmo, modulação e psicodinâmica das cores, é frequentemente assumido como modelo de qualidade estética no ensino do design e da comunicação. Mas para além, também foi reconhecido como músico, chegando a fazer parte, como violinista, da Orquestra Municipal de Berna [17].

Um dos aspectos abordados por Klee na elaboração de sua Teoria da Forma é a existência do dualismo em todos os aspectos. O quente e o frio, o claro e o escuro, o alto e o baixo. A música é incompreensível sem a sua relação com o silêncio, e nas artes visuais, a forma só é perceptível com a existência de um fundo [18].

Em seus estudos com linhas, Klee as classificava como uma sequência de pontos que representam a trajetória de um movimento, assim como na música, onde a sequência de notas determina uma melodia. “Assim, Klee sistematiza a concepção do compasso na existência de uma estrutura de malha de construção, formada por linhas horizontais e verticais para construir estruturalmente o espaço bi-dimensional similar ao universo musical. Estas linhas, quando superpostas, vão formar módulos quadrados ou retangulares e serão por estes módulos que surgirá a relação entre a linha melódica e construção formal do quadro” [18].



Fig. 12 - Sunset, Paul Klee, 1930

Klee tinha interesse no caráter temporal da música e sua transposição para a arte. Obras como *Sunset* [Fig. 12] refletem a ideia de ritmo: estruturas lineares, formas e valores tonais são orquestrados. Para produzir um efeito tão harmonioso, Klee usa em camadas um padrão de pontos sobre um fundo neutro [19].

2.8.4. Joseph Albers

Joseph Albers (1888 - 1976) foi um influente artista e educador alemão que emigrou para os EUA após o fechamento da Bauhaus, foi inicialmente professor no Black Mountain College e depois professor e diretor do Departamento de Design da Universidade de Yale. Sua importância pode ser medida no fato de ter sido o primeiro artista em vida a ganhar uma retrospectiva no Metropolitan Museum of Art de Nova York, em 1971.

Durante seu percurso como professor, desenvolveu dezenas de exercícios que estimulavam o debate das interações entre duas ou mais cores, determinantes para o entedimento das cores como fenômenos da percepção, recuperando as ideias de Goethe e Chevreul. Alguns destes exercícios estão compilados em sua publicação mais famosa, *Interaction of Color* [20], publicado originalmente em 1963.

Para Albers, a percepção da visão na cor nunca é vista como ela realmente é, tornando a cor o mais relativo dos meios na arte. Com seus exercícios ele demonstra efeitos ilusórios produzidos pelas composições de cores e destaca sua natureza relativa e instável, onde ocorre uma discrepância entre o fenômeno físico e impacto psíquico. Assim como o conhecimento da acústica não é suficiente para se compor uma música - nem na produção nem no lado apreciativo - nenhum sistema de cor por si só pode desenvolver a sensibilidade para a cor. Este é paralelo com o reconhecimento de que nenhuma teoria de composição por si só conduz à produção de música, ou de arte.

Com o foco de estudo nas interações das cores, Albers recorre várias vezes a analogia da equivalência da nota musical para a música assim como a cor para a arte. “Em composições musicais, desde que ouvimos tons meramente individuais, não ouvimos música. Ouvir música depende do reconhecimento dos tons, da sua colocação e seu espaçamento [...] Da mesma forma, a identificação factual de cores dentro de um determinado quadro não tem nada a ver com uma visão sensível nem com a compreensão da ação da cor dentro da pintura” [20]. Ele também pondera que podemos ouvir uma única nota musical mas raramente observamos apenas uma única cor desconexa, concluindo que cores apresentam-se em fluxo contínuo, constantemente relacionados à mudança das cores vizinhas e de outras condições variáveis.

Albers também exemplifica um dos seus conceitos com o exemplo de que a melodia de *Good Morning To You* é composta de 4 tons e pode ser cantada ou tocada em várias vozes diferentes, em tons diferentes e em instrumentos diferentes que ainda sim sua melodia será reconhecida instantaneamente. Isso ocorre porque o intervalo dos 4 tons se mantém o mesmo. Embora não seja uma prática comum, pode-se também falar de intervalos entre as cores [Fig. 13]. Cores e matizes são definidos, assim como os tons da música, por comprimentos de onda.

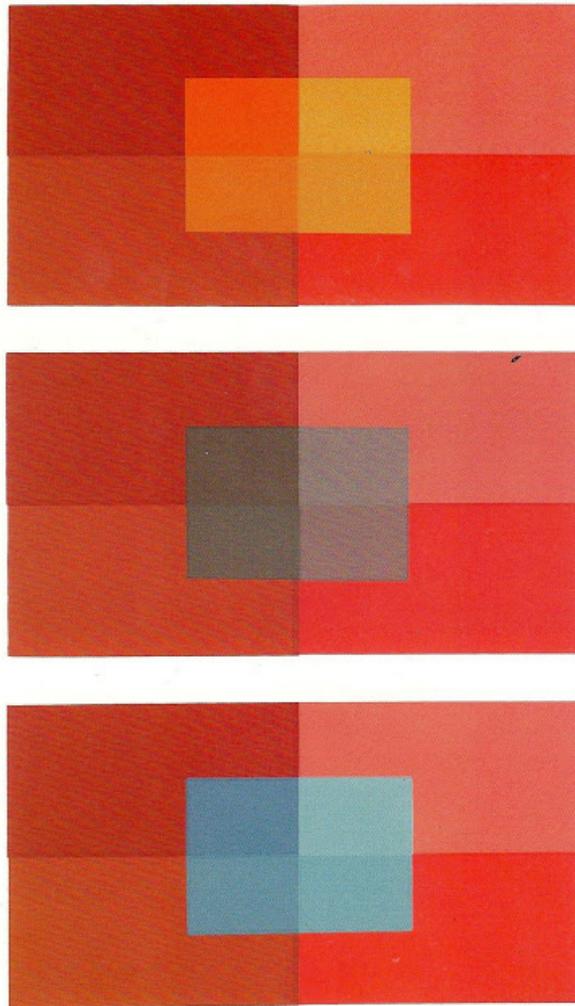


Fig. 13 - Exercício de intervalo de cores de Josef Albers, 1963.

3. Instrumentos Músico-Visuais Clássicos

3. Instrumentos Músico-Visuais Clássicos

Iremos chamar de instrumentos musico-visuais clássicos, os conceitos e experimentos que buscaram uma abordagem prática para relacionar música com cores e formas, sendo percursores no que conhecemos hoje como multimídia, além de serem uma das primeiras formas de interação real entre o ser humano e máquina na criação de imagens através da manipulação de luz.

Através de diferentes abordagens em suas execuções e em suas teorias de relação entre sons e cores, ficaram conhecidos como *colour organs*, e o termo *colour music* ou *visual music* são utilizados para referenciar os seus resultados. Aconteceram em um período particular, entre o final do século XIX e o começo do século XX, tendo praticamente desaparecido após a popularização de outros meios multimídia, como a animação, o cinema e os grandes projetos de iluminação dos teatros a partir da década de 1930.

3.1. Clavecin Oculaire (Loius-Bertrand Castel)

Loius-Bertrand Castel (1688-1757), um matemático e físico francês, membro da Ordem dos Jesuítas, dedicou grande parte do seu trabalho ao estudo das relações entre cor e música. Castel tinha como um dos seus objetivos transpor os prazeres da música da audição para a visão [21].

Considerado o pioneiro do que, posteriormente, ganhou o nome de *color organ*, seu invento, o *Clavecin Oculaire*, era a idealização do primeiro instrumento que produzia imagens. A idéia de um “cravo para olhos” está documentada em dois ensaios. O primeiro foi publicado na edição de novembro de 1725 da revista parisiense *Mercur de France*, e o segundo apareceu na revista *Mémoires de Trévoux* em 1735 [7]. Suas principais inspirações foram os escritos de Athanasius Kircher no século XVI, sobre as lanternas mágicas, invento embrião do conceito de projeção de slides. Em seu primeiro artigo, Castel diz: “Por que não fazer ocular, bem como auriculares os cravos. É novamente para o nosso bom amigo [Kircher] que devo o nascimento de uma idéia tão deliciosa. Dois anos atrás, eu estava lendo seu *Musurgia*: lá eu descobri que se durante um belo concerto podemos ver o ar que está agitado por todos os vários tremores de voz e instrumentos, nós ficaríamos surpresos ao vê-lo semeado com as cores mais vivas” [22].

A invenção de Castel utilizava-se da robusta mecânica do cravo, instrumento musical desenvolvido durante os séculos XIV e XV, amplamente difundido durante 400 anos, período em que foi o

principal instrumento de teclas, mas que a partir do século XIX começou a perder espaço para o piano. A principal diferença entre os dois está no modo como as cordas na cauda são acionadas, sendo no cravo através de pequenas palhetas que a pinção, resultando em um som metálico característico [23].

O *Clavecin Oculaire* funcionaria através de velas, espelhos e papel colorido. Cada tecla opera um dos 144 cilindros que tampam cada uma das velas, quando associadas permitem a luz a brilhar sobre os papéis coloridos, projetando um cor relativa a cada tecla [24].

Issac Newton já havia anteriormente relacionado a escala musical à uma escala cromática, onde o C (Dó) correspondia ao vermelho [Fig. 3]. Porém, Castel não concordava com essa classificação. Ele elegeu uma cor absoluta para representar a primeira nota, o azul, pois vemos todas as cores da natureza com a cor de fundo do céu azul [22]. Misturando quantidades diferentes de branco e preto com 12 pigmentos diferentes, 144 cores diferentes poderiam ser obtidas, com este sistema poderia-se ver diferentes tons de azul para o C ou para qualquer outra nota da escala.

Segundo Peacock [22], “não há dúvida de que os experimentos interessantes do Padre Castel foram diretamente responsáveis para o desenvolvimento de outras teorias e instrumentos na primeira metade do século XIX. Embora estes não produziu resultados duradouros, eles levaram a inovações posteriores que iniciaram a nossa própria era audiovisual”.

3.2. Pyrophone (Frédéric Kastner)

Em 1873, o cientista e músico francês Frédéric Kastner patenteou o *Pyrophone* [Fig. 14], um órgão que utilizava-se de combustão para produzir fogo. Kastner teve esta ideia após prestar atenção ao barulho produzido pelo ignição de gás ao ser acesa, artefato que era comum para a iluminação interior antes da descoberta da energia elétrica [22]. O *Pyrophone* se assemelhava a um órgão tradicional, porém os tubos apresentavam uma carga de hidrogênio, que quando acionadas por uma tecla, produziam fogo dentro dos tubos de vidro.

Os esforços de Kastner para divulgar o seu invento foram impulsionados por sua família abastada e bem relacionada. A mãe de Kastner comissionou, por 50.000 francos, Henry Dunant, o suíço que viria a criar mais tarde a Cruz Vermelha, a viajar pelo exterior divulgando o instrumento, dada sua grande oratória e conexões na sociedade. Em 1875 Dunant apresentou o instrumento na *Royal Society of Arts*, proferindo as seguintes palavras: “O som do *Pyrophone* pode verdadeiramente ser dito que lembra o som da voz humana ... como um sussurro humano e apaixonado, como um eco da vibração para dentro da alma, algo misterioso e indefinível, além de, em geral, possuindo um caráter de melancolia, que parece característico de todas as harmonias naturais”.

Mesmo com todos estes esforços, o *Pyrophone* não obteve sucesso, e o instrumento foi doado ao *South Kensington Museum* (hoje *Science Museum London*) onde continua a integrar o acervo [24].



Fig. 14 - Pyrophone de 1875, pertencente ao Science Museum London.

3.3. Colour Organ (Bainbridge Bishop)

Em 1877, o americano Brainbridge Bishop patenteia sua invenção, chamada de *Colour Organ* [Fig. 15]. Segundo o próprio autor “muitos escritores, artistas e outros, até o presente momento têm teorizado sobre este assunto. Alguns propuseram instrumentos para realizar as suas ideias em prática, mas nenhuma instrumento de cor prático foi conhecido por ser efetivamente construído” [26]. O paradigma quebrado por Bishop foi criar um sistema que era acoplado a um órgão convencional, ao invés de um instrumento completamente novo, o que permitiu manter os timbres e sons originais do instrumento, proporcionando uma experiência audiovisual mais completa.

Um sistema de alavancas e persianas acionava luzes coloridas que eram misturadas em uma tela branca em cima do órgão, validando a suas ideias acerca de música pintada, ao mesmo tempo que uma peça de música estava a ser realizado no órgão. A luz solar foi usada pela primeira vez como fonte de iluminação, mas depois um arco de luz elétrica foi colocado atrás do vidro colorido [22].

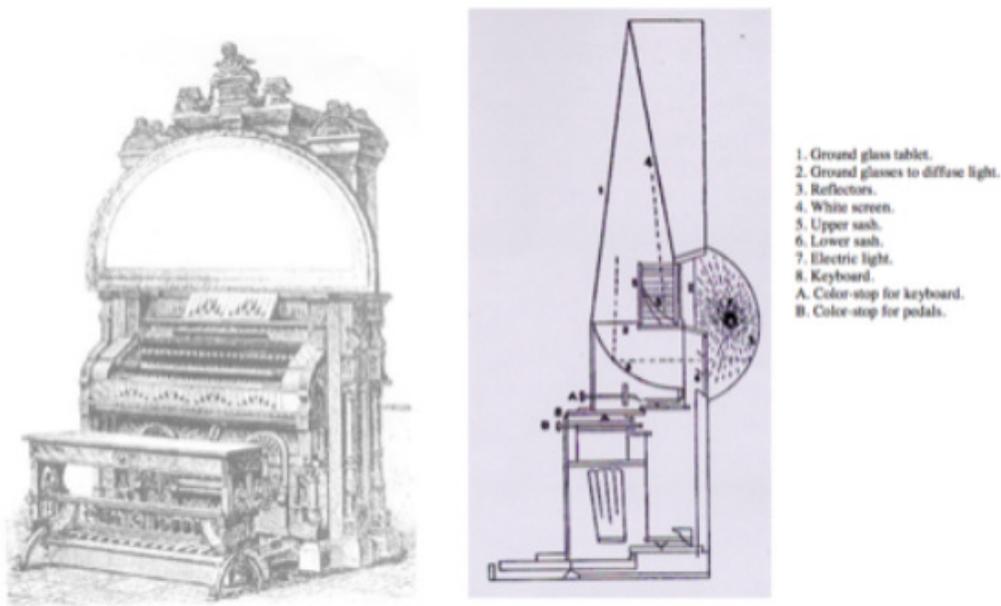


Fig. 15 - Ilustração e desenho esquemático do Colour Organ de Bishop, 1877.

A escala cromática utilizada para harmonizar com a escala musical é justificada pelo autor: “Eu tive alguns problemas para decidir como seria o espaço dos intervalos de cores, e que cores usar, mas finalmente decidi empregar vermelho para Dó, e dividir o espectro prismático de cor em onze semitons, acrescentando vermelho ou vermelho-violeta para Si, e um vermelho claro para o Dó superior a oitava, e dobrando a profundidade e o volume de tinta em cada oitava descendente, notas ou cores mais baixas sendo refletidas uniformemente ao longo de toda a superfície. O efeito total foi apresentar aos olhos o movimento e a harmonia da música, e também o seu sentimento”.

É claro na obra de Bishop uma afeição por um sentido artístico e interpretativo na relação entre as notas musicais e as cores, onde afirma que as cores também possuem qualidades “maiores” e “menores” como as notas musicais. Ele exemplifica com uma visão pessoal que o azul violeta sempre lhe trás uma tristeza, por lembrar-se do por do sol e do anoitecer, assim como as músicas na escala de cor corresponde, o lá menor [26].

3.4. Colour Organ (Alexander W. Rimington)

O professor de belas artes da Queen's College de Londres, Alexander Wallace Rimington, patenteou em 1893 o mais conhecido instrumento de cor deste período, também chamado de *Colour Organ*. Rimington descreveu o instrumento e a teoria da cor utilizada no livro *Colour-Music: The Art of Mobile Colour*, onde baseia-se nos estudos do pintor J.M.W. Turner, que explorou a capacidade das cores representarem assuntos de maneira independente, em pinturas como *Light and Colour (Goethe's Theory of Colour)* de 1843 [27].

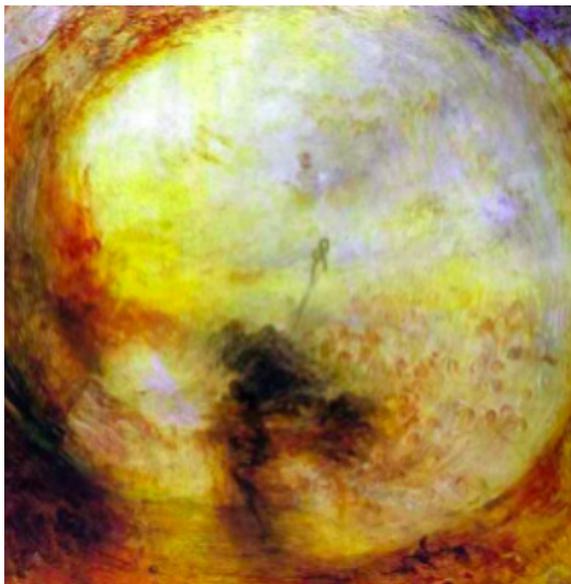


Fig. 16 - Light and Colour (Goethe's Theory of Colour), J.M.W. Turner, 1843

O *Colour Organ* era uma complexa estrutura com mais de 3 metros de altura, que continha 14 lâmpadas e filtros envernizados com anilina. As teclas do órgão acionavam diafragmas que ativavam as lâmpadas e revelavam os filtros correspondentes as cores. Para definir as relações entre cores e som, Rimington não buscou um paralelo exato entre as frequências de vibração entre a luz e o som, e sim a divisão do espectro de luz nas mesmas proporções de uma oitava musical. Cada oitava contém as mesmas cores, e a medida que a oitava fica mais alta as cores se saturam mais, pois recebem mais luz branca.

O *Colour Organ* de Rimington atingiu certo sucesso, e em junho de 1895, Rimington o apresentou em uma sessão privada em Londres, acompanhado de um piano comum e uma orquestra completa para uma audiência de mais de 1000 pessoas [22].

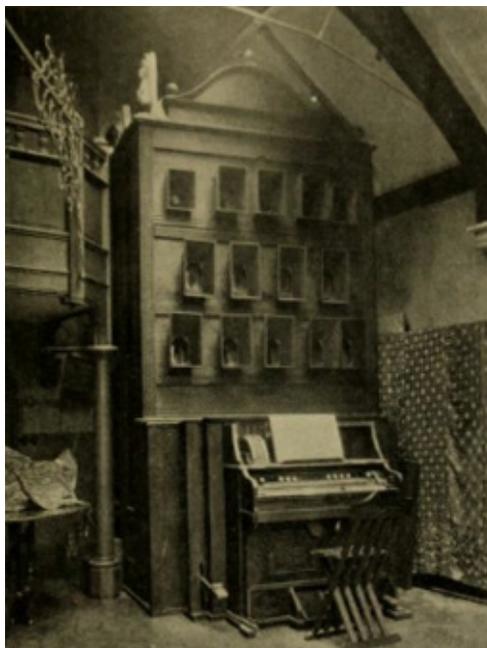


Fig. 17 - Colour Organ

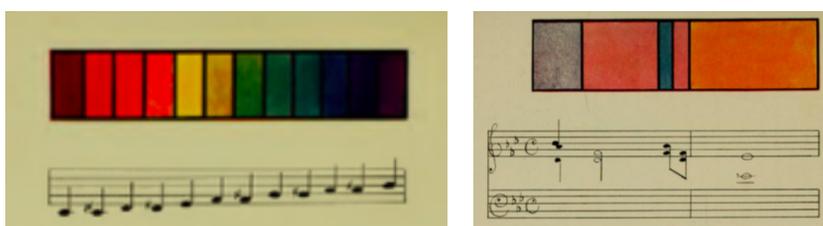


Fig. 18 (esq.) - Escala de Rimington

Fig. 19 (dir.) - Exemplo de trecho musical com cores correspondentes

3.5. Sarabet (Hallock-Greenewalt's)

Em 1919, a pianista norte-americana Mary Elizabeth Hallock-Greenewalt, apresentou pela primeira vez o *Sarabet*, um instrumento controlado através de um controle que deslizava em um eixo horizontal e dois pedais. A partir deste sistema, Elizabeth controlava sete lâmpadas coloridas que eram projetadas em um fundo monocromático. Através dos pedais, ela tinha um controle preciso da variação dos pedais, característica que era destacada nas suas apresentações, pois considerava as nuances de luz muito próximas as nuances musicais. Em seus escritos, a pianista criou um nome para o que chamava de uma nova forma de arte. “Eu chamei a esta arte, concebida e originada por mim mesmo, desenvolvida por mim, explorados e patenteada por mim de *Nourathar*. A palavra é composta de duas raízes árabes, *Nour* de pé em seu caminho para toda a luz e *Athar*, que significa “essência de”, “sabor de”, “influência de” [28].

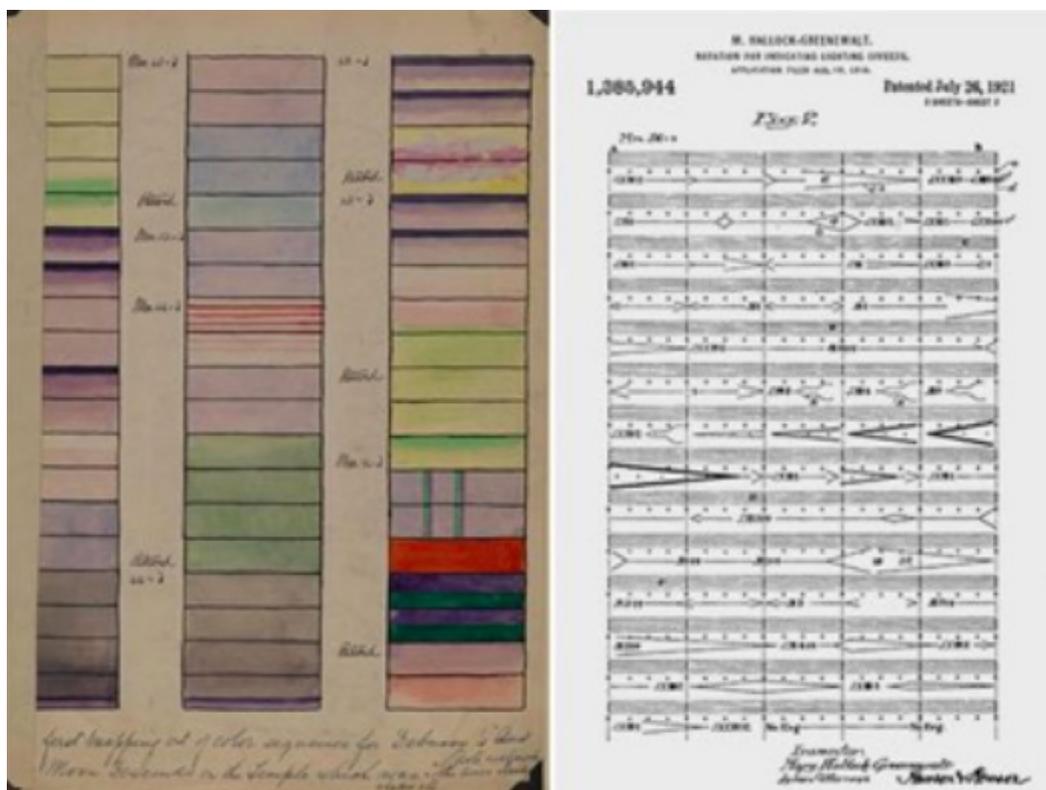


Fig. 20 - Escala de Cor de Hallock-Greenewalt, 1919.

3.6. Clavilux (Thomas Wilfred)

Thomas Wilfred criou o mais famoso dos instrumentos visuais [22], o *Clavilux*, nome derivado do latim que significa “luz tocada por tecla” [29]. Wilfred era um dinamarquês radicado nos EUA desde 1916, seus primeiros experimentos explorando luz e cor como uma forma de arte começaram em 1905, mas foi só em 1922 que terminou a construção de seu primeiro *Clavilux* portátil. Nos 4 anos seguintes excursionou exibindo o seu experimento em toda a América do Norte e Europa [Fig.21]. O *Clavilux* pode ser considerado o primeiro aparelho de projeção de luz desenhado para performances multimídia. Assim como alguns dos seus antecessores, seus controles eram similares ao teclado de um piano convencional, porém os toques não produziam som, e sim imagens projetadas.

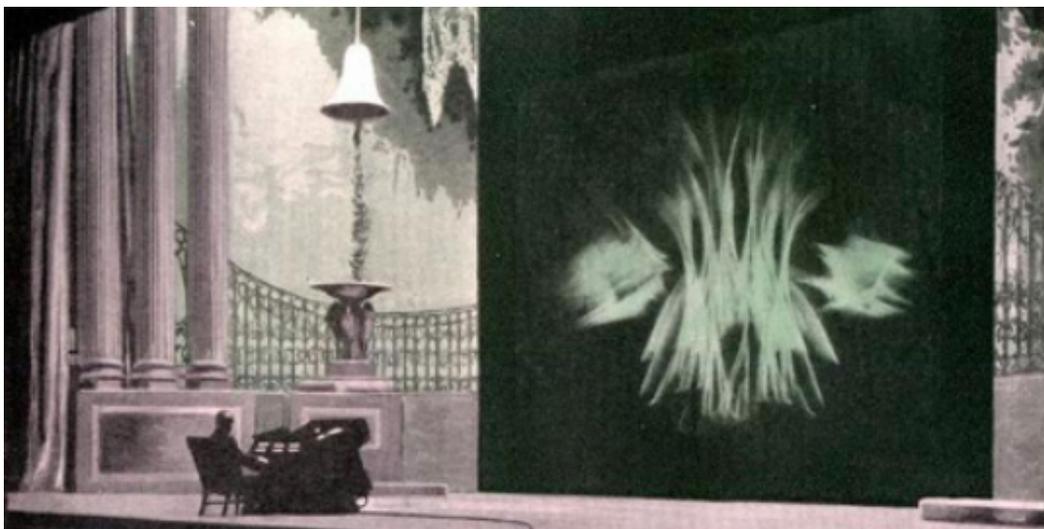


Fig. 21 - Thomas Wilfred apresentando com seu instrumento, Clavilux, 1922.

Wilfred rejeitava totalmente as teorias anteriores que relacionavam som e luz. Considerava sua experiência com o *Clavilux* uma nova forma de arte, chamada pelo próprio autor de *Lumia* [29]. Ele considerou o termo *colour music* uma metáfora, pois incluía os fatores de tempo e ritmo em suas performances ao vivo. As características fundamentais do *Lumia* eram forma, cor e movimento em um fundo preto. “O principal objetivo de Wilfred foi adicionar a terceira dimensão que faltava para uma tela plana, e fazê-lo de forma tão convincente que a tela se tornou uma grande abertura da janela no infinito. A sua contribuição original mais significativa com o *Lumia*, no entanto, é a adição de uma quarta dimensão ao tempo [18].”

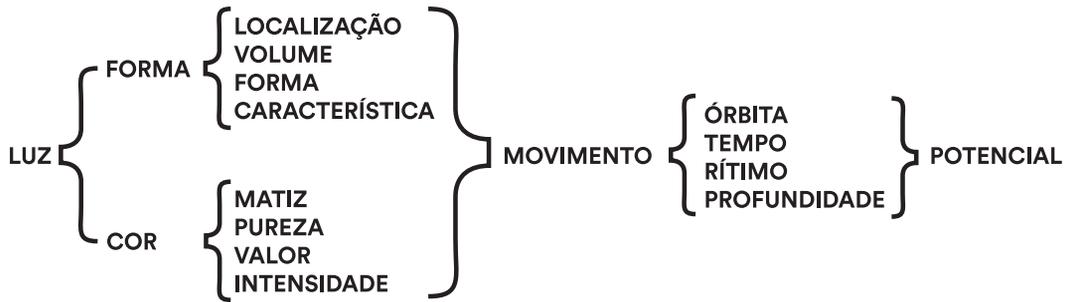


Fig. 22 - Esquema do Lumia

O principal *Clavilux* construído era uma imensa estrutura com seis projetores, controlado através de uma mesa com diversos controles deslizantes. Uma combinação de prismas que se moviam para todas as direções podiam ser manipulados em frente as fontes de luz, que também tinha sua intensidade variada de acordo com seis reostatos operados com as mãos. A seleção de padrões geométricos era efetuada através de um engenhoso sistema de discos que continham formas desenhadas em suporte transparente e giravam [29].

Embora a maioria dos recitais de Wilfred foram apresentados em completo silêncio, ele também colaborou em performances onde a música foi interpretada com o *Lumia*. Em 1926, colaborou em uma apresentação de *Scheherazade*, de Rimsky-Korsakov, com a Orquestra de Filadélfia dirigida por Leopold Stokowski [30].

4. Desenvolvimento

4. Desenvolvimento

Dois experimentos preliminares funcionaram como base para o avanço conceitual e rumos que a pesquisa seguiria. O primeiro, chamado de *Stereo Painting with Bob Dylan*, buscou uma representação gráfica de músicas pré-selecionadas, afim de experimentar possíveis interpretações visuais e capacidades tecnológicas e apresenta uma conceituação que, apesar de um caráter não interativo ou dinâmico, ajudou a formar bases para o avanço de ideias. O segundo, chamado de *Colour Theremin* avança para uma estrutura interativa relacionada a interação direta entre cores e sons.

4.1. Stereo Painting

Neste trabalho, explora-se a visualização de uma música através de forma relacionada à frequência, cor e movimento.

Utilizando canções do primeiro álbum de Bob Dylan, com nome homônimo e lançado em 1962, para se desenhar, em um eixo de rotação, linhas baseadas nas frequências da música. A escolha deste álbum em específico justifica-se pelas características da própria gravação, em que a guitarra encontra-se gravada em um canal e a voz e harmônica gravadas em outro canal [31].

Considerando estas duas características marcantes desta gravação específica, dinâmica e a separação dos canais, foi criado um aplicativo em Processing que utiliza as frequências da música para gerar gráficos únicos. Em um eixo de rotação localizado ao meio da tela, as linhas vão se desenhando em rotação, criando uma ligação visual com os antigos métodos, tanto de gravação (gravadores analógicos de fita) quanto reprodução (gira discos). Para as linhas que representam os vocais foi escolhida uma paleta de cores que contrasta com as linhas que representam a guitarra, sempre em um tom escuro de cinza [Fig. 23, 24].

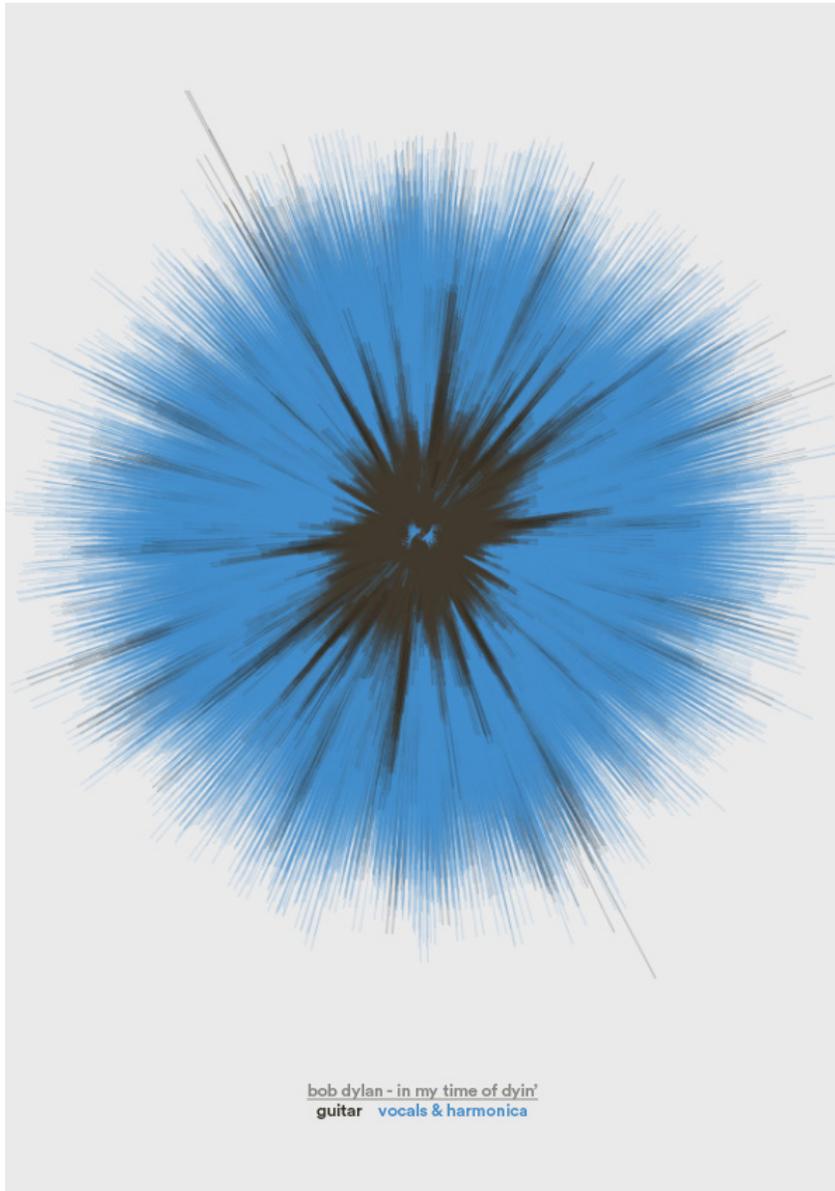


Fig. 23 - Stereopainting da música "In My Time of Dying"

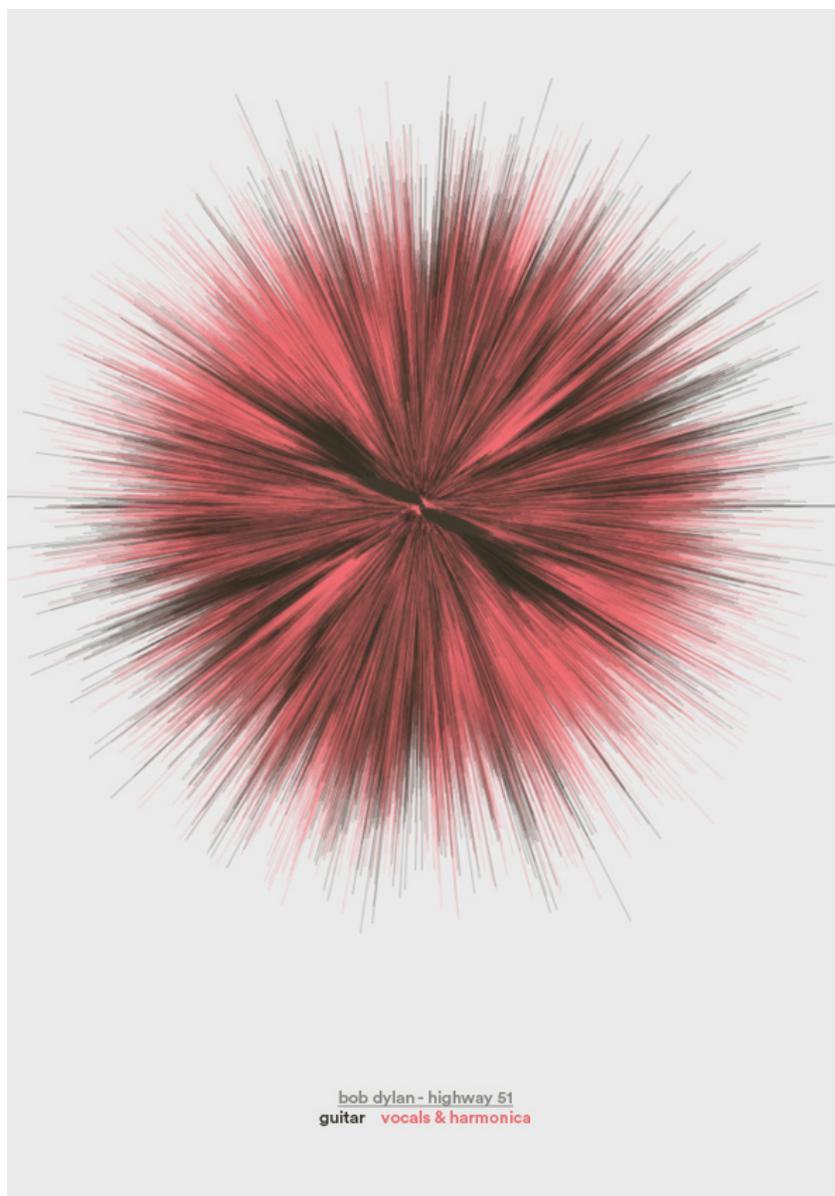


Fig. 24 - Stereopainting da canção "Highway 61"

4.2. Color Theremin

Tendo em vista as primeiras pesquisas para o Estado da Arte deste projeto, foi desenvolvido um projeto que explora primitivas da teoria de colour music de Alexander W. Rimington e o modelo de interação desenvolvido por Léon Theremin em seu instrumento musical de mesmo nome.

No final de 1920, o inventor russo Léon Theremin criou o primeiro instrumento totalmente eletrônico - o *Theremin*. Este instrumento pioneiro é controlado sem contato físico. O músico move suas mãos perto das duas antenas metálicas do aparelho, que funcionam como controle de parâmetros musicais como tom e volume. Alguns modelos trabalham apenas com uma antena [32].

O projeto [Fig. 25] consiste em um instrumento interativo que combina duas abordagens: a teoria da música de cores desenvolvido pela Rimington e o modelo de interação explorado por *Theremin*.

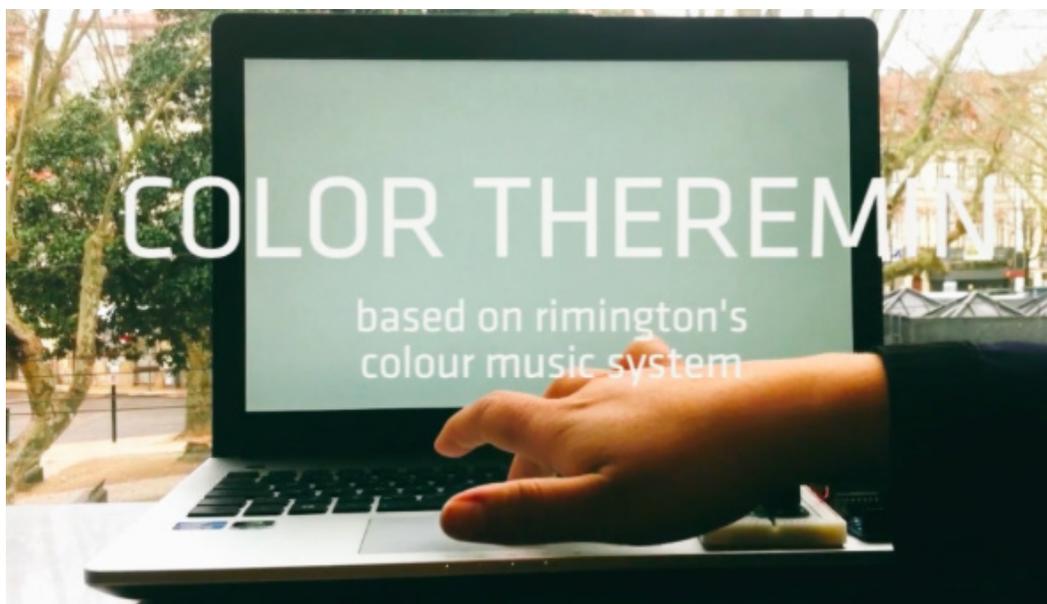


Fig. 25 - Apresentação do Color Theremin

As notas musicais são reproduzidos de acordo com a distância entre a mão e o sensor de instrumento [Fig. 26]. Para cada uma dessas notas é atribuída uma cor. A composição musical realizada pelo movimento da mão é visualizada na tela através de uma composição de barras coloridas. Estas barras aparecem em posições aleatórias preenchidas com a cor associada com a nota que está sendo tocada naquele momento. Quanto maior a interação com o instrumento musical maior são as sobreposições cromáticas que ocorrem, criando composições audiovisuais únicas [Fig. 27].

A fim de detectar a distância entre o instrumento e a mão do usuário, foi utilizado um sensor ultrassônico LV-MaxSonar-EZ1 ligado a um micro controlador Arduino Uno. Este sensor de ultra-som determina a sua distância a um objeto ao avaliar o intervalo de tempo entre o envio de um sinal e a recepção de seu eco. O micro controlador lê os valores devolvidos pelo sensor e os envia para um software projetado no ambiente Processing. Este software interpreta os valores recebidos e de acordo com estes reproduz uma nota musical, anteriormente produzida utilizando um instrumento virtual contido no software Apple Logic Pro X. Ao mesmo tempo, a tela é preenchida por barras com cores associadas as notas musicas.

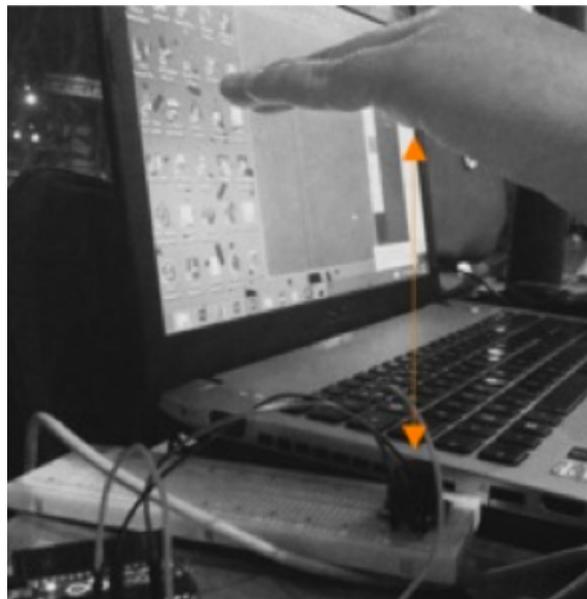


Fig. 26 - Modo de interação do Color Theremin

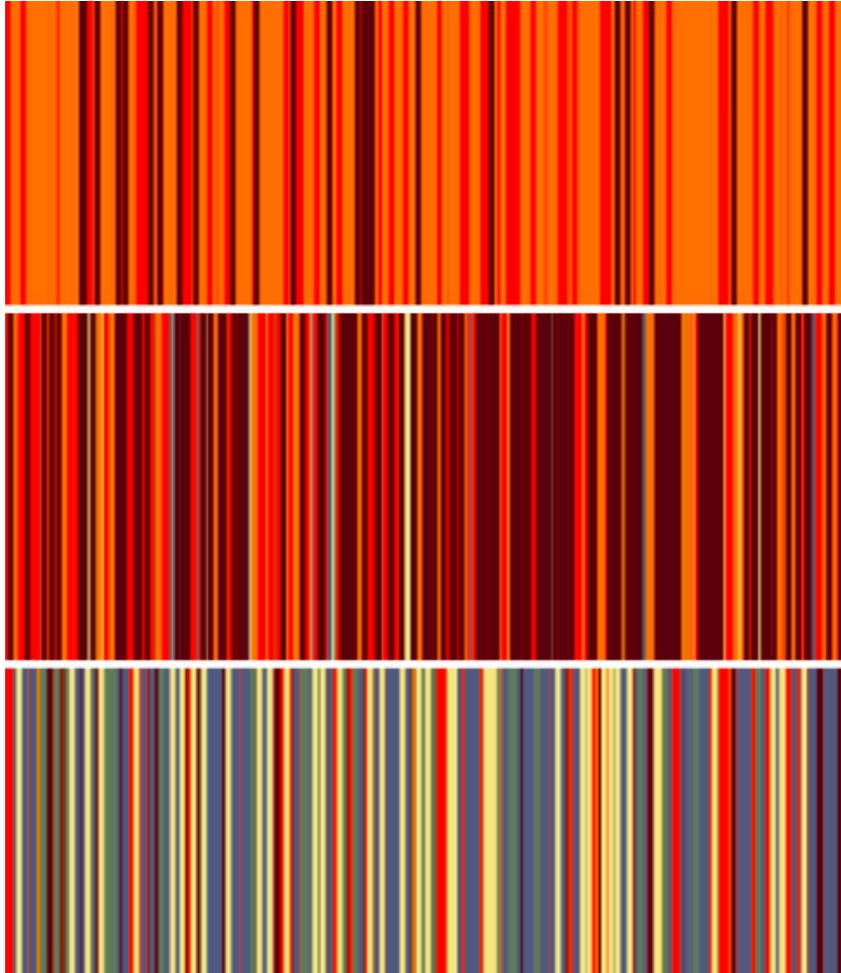


Fig. 27 - Exemplos de resultados das interações com o Color Theremin

4.3. Experimento inicial de leitura de cores

Prosseguindo no processo de experimentação, definiu-se pela inversão da atuação, onde a cor passa ser o elemento acionador do som.

Foi desenvolvida uma aplicação no Processing em junção com uma webcam, responsável pela captação da imagem, e conseqüentemente, das cores.

A primeira abordagem seguiu um padrão repetido dos colour organs, onde uma cor necessariamente estava relacionada à uma nota musical. Através da leitura da imagem pela webcam, uma média dos valores recebidos da cor de cada pixel foi calculada e comparada a cores pré definidas em uma lista de cores na aplicação. Quando este valor era aproximado a uma das cores pré-listadas, a aplicação tocava o som correspondente à aquela cor, numa relação direta.

Neste experimento, o que percebe-se é uma simples conversão no sentido de uma cor ativando uma nota musical, sem maiores controles e criando uma experiência onde apenas um som anteriormente gravado era executado, perdendo a característica de funcionar como um verdadeiro instrumento musical.

4.3.1. Avançando na conceitualização

Após os experimentos iniciais, surge uma necessidade de um aprofundamento no sentido de conceitualizar de forma mais sólida as possíveis relações entre som e cor com as tecnologias disponíveis. Observando o funcionamento do Theremin, buscou-se entender o funcionamento dos sintetizadores, equipamentos capazes de controlar eletronicamente as propriedades do som, e utilizar-se dos parâmetros de uma cor, também codificada digitalmente, para alterar tais parâmetros.

Dos primeiros pigmentos extraídos da natureza até os experimentos prismáticos, os estudos da cor foram realizados com uma infinidade de diferentes materiais e superfícies, e em paralelo, o desenvolvimento de instrumentos sonoros também estão intrinsecamente ligado aos materiais físicos capazes de produzir vibrações de diferentes formas e sonoridades distintas.

Nos instrumentos músico-visuais apresentados anteriormente, principalmente nos colour-organs, é notável como os mecanismos utilizados para gerar a vibração inerente à produção sonora são utilizados para o acionamento de outros dispositivos capazes de exibir cor.

Esta modificação nos permite entender que, para além das teorizações acerca da relação cor e som, as soluções criativas também fazem parte desta relação, onde a interface para a produção destas relações é tão fundamental quanto ela própria.

Nos tempos atuais, grande parte das cores e dos sons ao qual somos estimulados tem origem em dispositivos eletrônicos, sejam as cores que visualizamos em telas de computadores, smartphones e televisores, como também os sons originários destes dispositivos.

4.3.2. Uma abordagem digital

Em termos digitais, onde toda a informação é baseada em números, as cores são atribuídas através de combinações numéricas em diferentes modelos de espaço de cor. Através destas codificações os sistemas conseguem exibir diferentes cores limitadas à sua própria capacidade de processamento. Com o som não é diferente, faixas digitais de áudio são combinações numéricas capazes de armazenar toda a informação necessária para a execução de determinada gravação ou reprodução com fidelidade.

Tendo em vista a importância do suporte para as relações entre cor e som estabelecidas anteriormente, busca-se a experimentação de uma linguagem capaz de utilizar a forma computacional de se trabalhar com estes dois fenômenos.

Diferentemente da maioria dos instrumentos músico-visuais, que apontavam numa direção entre o acionamento de dispositivos que originalmente produziram sons e que terminam por produzir cores, a abordagem do experimento é inversa, onde cores são capazes de sintetizar sons através da alteração de parâmetro de um sintetizador digital.

Para criar tal abordagem, é necessário entender as propriedades básicas do som, e como sua síntese é possível em um ambiente digital.

4.4. Características básicas do som

Define-se o som como uma vibração que se propaga como uma onda sob a atmosfera, que pode ser captada e interpretada pelo nosso cérebro, que gera sentido, o que escutamos. A representação do som como uma onda é admitir seu caráter temporal, onde uma certa frequência de impulsões e repousos em altíssima velocidade nos permite escutar e diferenciar os sons.

Em muitas culturas essa noção ondular do som é pensada como um modelo que rege todo o movimento universal, como o círculo de Tao, que contém o impeto yang e o repouso yin [Fig 28.], e é um recorte da forma como representamos o som analogicamente [33].

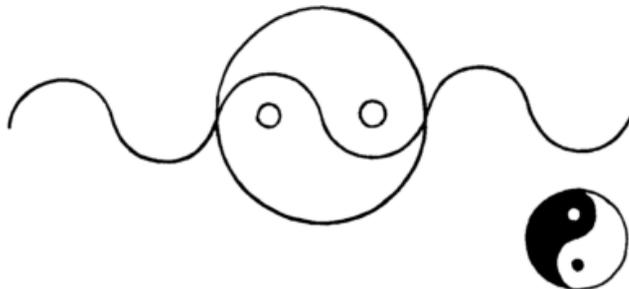


Fig. 28 - Representação do Tao no som

As principais características do som, enquanto fenômeno físico, altura (frequência), intensidade (amplitude) e timbre.

4.4.1. Altura (frequência)

A altura refere-se ao comprimento da onda sonora, ou sua frequência. Sons agudos (ou altos) tem uma frequência maior entre as impulsões e repousos enquanto sons mais graves tem uma frequência menor, ou seja, um menor comprimento de onda [Fig. 29]. Esta frequência é medida em hertz, e o ouvido humano é capaz de detectar frequências entre 22Hz e 22.000Hz. Abaixo destes valores estão os sons infrasônicos e acima os sons supersônicos [32].

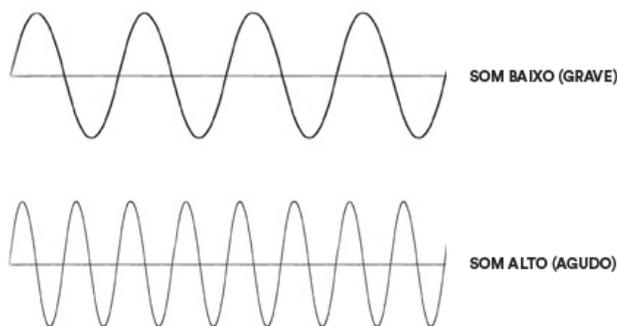


Fig. 29 Representação de frequências graves e agudas

4.4.2. Intensidade (amplitude)

A intensidade de um som depende da amplitude de uma onda sonora, enquanto maior sua amplitude, mais forte é o som propagado, e é o fator relacionado a capacidade do ouvido humano de sentir este som, a intensidade perde força durante sua propagação pelo ar [Fig. 30]. Uma onda sonora com uma amplitude alta confere um som forte e vice-versa [33].

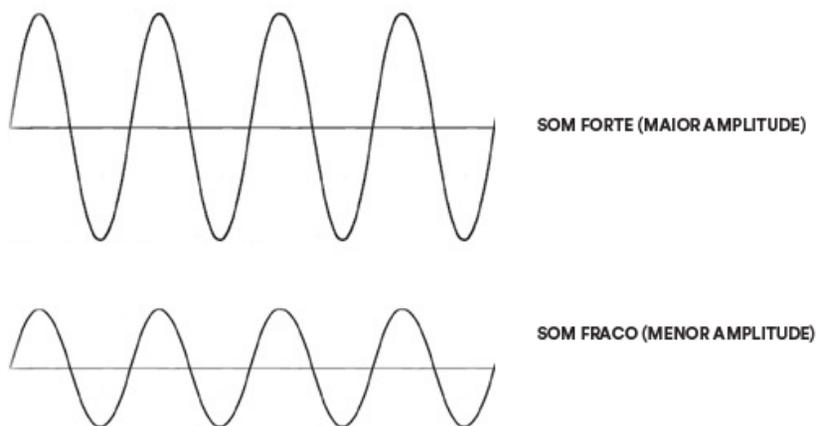


Fig. 30 - Representação de frequências de maior e menor amplitude

4.4.3. Timbre

O timbre é a propriedade sonora que nos permite diferenciar uma fonte sonora de outra, ou seja, a capacidade de escutar diferentes fontes sonoras com a mesma intensidade e frequência e conseguí-las diferenciá-las. Quando o mesmo Dó de um piano é tocado juntamente com o Dó de uma guitarra, conseguimos diferenciar seus sons devido ao timbre.

O timbre é representado por uma onda que une o som puro (onda senóide) juntamente com os sons harmônicos, tornando único as características sonoras de cada instrumento musical ou qualquer outra fonte sonora, devido a esta complexidade da formação da onda [Fig. 31], estando diretamente relacionado às interações físicas entre as vibrações de um instrumento musical analógico ou a manipulação digital dos sinais em um ambiente eletrônico ou digital [33].

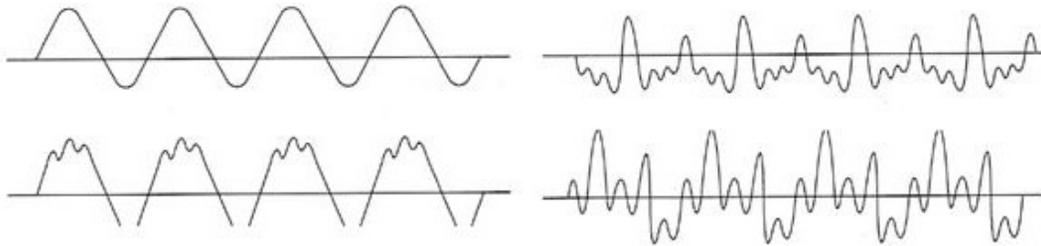


Fig. 31 Representação de diferentes timbres

4.5. Sintetizadores

Os sintetizadores de som são instrumentos capazes de produzir som de uma maneira eletrônica a partir da alteração de um sinal sonoro básico. Além da capacidade de sintetizar e emular sons de instrumentos musicais analógicos e outros sons diversos, eles têm a capacidade de criar sons únicos através da manipulação das frequências.

A origem dos sintetizadores data do início do século XX, com o Theremin, porém as bases conceituais e o termo foram empregados inicialmente no RCA Electronic Music Synthesizer Mark I, desenvolvido pelos engenheiros norte americanos Harry F. Olson e Herbert Belar, em 1956. O Mark I era uma grande máquina que possuía 12 diaposições (um instrumento metálico com formato de forquilha comumente usado para afinação de outros instrumentos) que eram estimulados eletromagneticamente e controlados por um rolo de fita de papel perfurado que possibilitava a manipulação das propriedades do sinal sonoro. Seu funcionamento era de difícil manuseio e o controle do utilizador era mínimo, tornando-o um objeto conceitual e precursor de uma tecnologia que ainda necessitaria mais duas décadas para se popularizar [34].

Durante os anos de 1960, o inventor norte americano Robert Moog conheceu o compositor Herbert Deustch, que o inspirou a começar a desenvolver protótipos de sintetizadores que continham uma estrutura de teclas. Após anos de pesquisas e desenvolvimento de protótipos, ele lançou em 1970 o Mínimoog Model D, o primeiro modelo de sintetizador comercializado a ganhar repercussão e popularidade.



Fig. 32 - Minimoog Model D, 1970

A partir dos anos 70, diversos sintetizadores eletrônicos começaram a ser produzidos e comercializados, e seu impacto e importância pode ser medido na presença constante destes sons na música pop dos anos de 1970 e 1980 e posteriormente com a consolidação da música eletrônica e suas diversas vertentes [35].

Existem diversas abordagens para a sintetização do som com estes instrumentos, porém, a maioria segue uma arquitetura do fluxo de sinal que se baseia no princípio de síntese subtrativa. A síntese subtrativa é a ação de filtrar (cortar) partes do espectro de frequências do tom fundamental e das harmônicas associadas (responsáveis pelo timbre). É possível fazer uma analogia com um instrumento acústico para entendê-la: um violão produz no toque de sua corda uma vibração que reverbera dentro do corpo do seu instrumento, nesta reverberação as frequências são filtradas de acordo com as características físicas desta caixa que amplifica o som para fora. O sintetizador funciona de maneira semelhante: um oscilador emite um frequência sonora que é manipulada através de filtros, moduladores e amplificadores. Nos sintetizadores analógicos isso ocorre através dos botões de controle [Fig. 34].

Apesar de ser possível simular os timbres de instrumentos acústicos com os sintetizadores, sua grande contribuição é na criação de sons únicos, através de diversos controles por onde podemos moldar as frequências sonoras. Os principais componentes de um sintetizador são os osciladores, filtros, amplificadores e moduladores [34].

Os osciladores são responsáveis pela geração do sinal sonoro inicial, podendo conter uma frequência com um tom fundamental e seus harmônicos, gerando-as de diferentes formatos que detêm características próprias, as mais comuns são as ondas senóides, quadradas, triangulares e dentadas [Fig. 35].

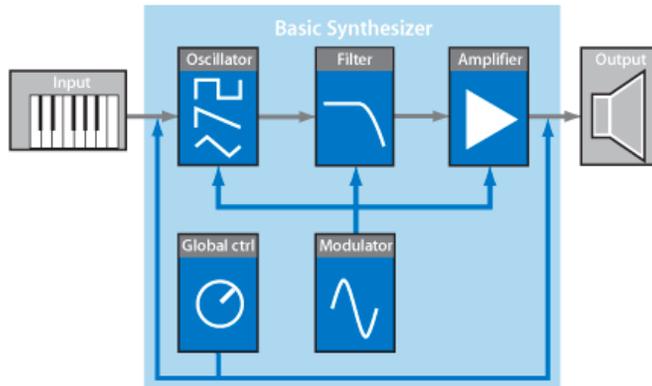


Fig.33 - Esquema de funcionamento de um sintetizador

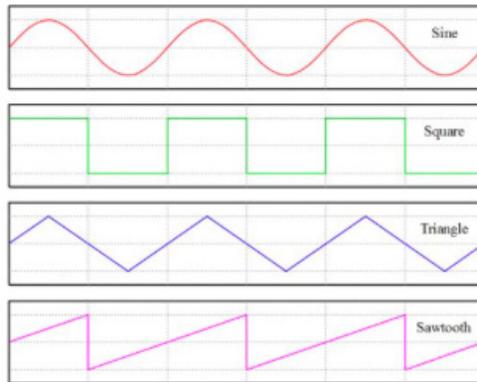


Fig.34 - Diferentes formatos de onda gerados por um oscilador

Os filtros são componentes que cortam determinadas frequências emitidas dos osciladores, podendo privilegiar frequências mais agudas ou mais graves, por exemplo, ou as esculpindo de modo a gerar sons mais suaves, ressonantes ou distorcidos.

Os amplificadores, ou envelopes, são responsáveis por determinar a temporalidade do som e suas características sônicas durante a sua execução. Com estes componentes é possível prolongar ou encurtar as frequências assim como ressaltá-las no toque inicial.

A partir dos anos de 1990, com o desenvolvimento e popularização dos computadores domésticos, surgiram os sintetizadores digitais, que processam digitalmente o som recriando os efeitos e controles dos sintetizadores eletrônicos e adicionando mais funções.

4.6. Implementação de um sintetizador

Após o aprofundamento no funcionamento dos sintetizadores, buscou-se a base de criação de um modelo consistente que funcionasse como interseção entre eles.

Se no passado os autores dos instrumentos músico-visuais e os outros teóricos da cor utilizaram-se de diferentes modelos para a relação direta entre cor e som, entre características físicas e questões emocionais e filosóficas, cabe definir um caminho a ser seguido para este experimento que envolva também as características da próprio meio digital como passíveis de serem interpretadas. Com o espaço de cor HSB, definimos que cada valor numérico dos três componentes (matiz, saturação, brilho) que compõe cada cor seriam utilizados para modificar o valor numérico de três ou mais parâmetros do sintetizador.

O espaço de cor HSB [Fig. 36] permite que possamos controlar a matiz individualmente, através da sua codificação em graus, que varia do 0 aos 360°, controlar a pureza desta cor através do valor da saturação (em uma escala de valores de 0 a 100) e o brilho.

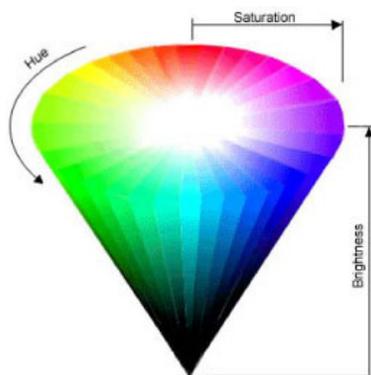


Fig.35 - Espaço de cor HSB

A matiz (hue) define a frequência, conseqüentemente a nota musical, enquanto a saturação define a amplitude e o brilho alguns envelopes (filtros) do sintetizador.

Com estes parâmetros definidos, um novo protótipo foi desenvolvido exclusivamente no ambiente Processing, programando um sintetizador através de código. Porém as limitações sonoras e de processamento resultaram em um resultado insatisfatório.

Para avançar para um resultado mais orgânico, optou-se pelo uso de um sintetizador virtual, um software externo, que possibilita-se uma experiência sonora mais interessante.

Diversos sintetizadores virtuais estão disponíveis no mercado, e após alguns testes, o software Reaktor [Fig. 37], produzido pela empresa Native Instruments foi o escolhido. Esta escolha se deu pela facilidade de conexão com controladores externos ao software para o controle dos parâmetros.



Fig.36 - Interface do software Reaktor, produzido pela Native Instruments.

Nesta etapa do processo, concluiu-se que a variabilidade do ambiente externo e a baixa precisão de uma webcam não atingiam o ideal sonoro proposto das equivalências dos parâmetros de cor e propriedades do som, o que nos lembra Josef Albers e sua conclusão que as cores apresentam-se em fluxo contínuo e estão sujeitas a condições variáveis [20].

O sistema HSB, apesar de não permitir o resultado ideal planejado de início, ainda se mostra útil por conseguir definir uma matiz através de um único parâmetro, permitindo que continuemos equivalendo uma cor pura à uma nota musical. Assim como Alexander Rimington dividiu igualmente o espectro de luz em seu colour-organ [27], dividimos as matizes igualmente em uma escala de 12 tons [Fig. 38], considerando que o Hue funciona com graus, cada tom ocupa uma fatia de 30° do círculo cromático.

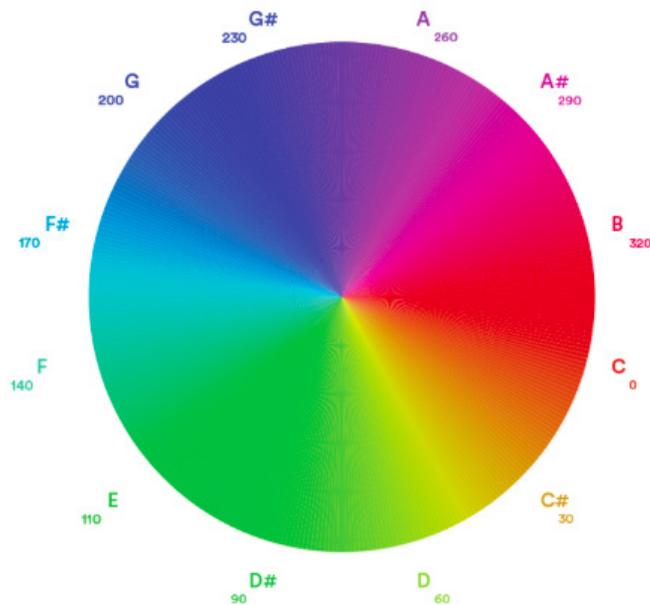


Fig. 37 - Divisão de notas musicais no espaço de cor HSB (considerando S = 100 / B = 100)

Para a saturação (S) e o brilho (B), ambos relacionados à luz aplicada à matiz, utilizamos os seus parâmetros para o controle de filtros (envelopes) no sintetizador, criando novas camadas sonoras à partir destas alterações. Estes filtros são variáveis de acordo com o modelo de sintetizador escolhido no Reaktor. Para a montagem do protótipo, optou-se por um filtro que executa várias notas secundárias em um determinado ritmo, o que otimizou a percepção das diferenças sonoras com a cor saturada e brilhante, criando uma camada sonora mais viva e pulsante. em relação ao ambiente mais escuro.

4.6.1. Interface de interação

Com um sintetizador de cor construído, foi desenvolvido um protótipo de um artefato interativo para demonstrar tal interação. A inspiração vêm tanto dos círculos cromáticos, toca discos de vinil e do theremin, primeiro instrumento eletrônico inventado.

Utilizou-se um microcontrolador Arduino UNO para controlar um motor de rotação e uma lâmpada de LED branco, um sensor Leap Motion para reconhecer movimentos da mão e a webcam para ler as cores impressas em um papel com formato de disco.

Foi montada uma pequena estrutura capaz de controlar fisicamente as cores captadas pela câmera e alterar a quantidade de luz recebida, possibilitando uma interação entre corpo, luz, cor e som [Fig. 38].

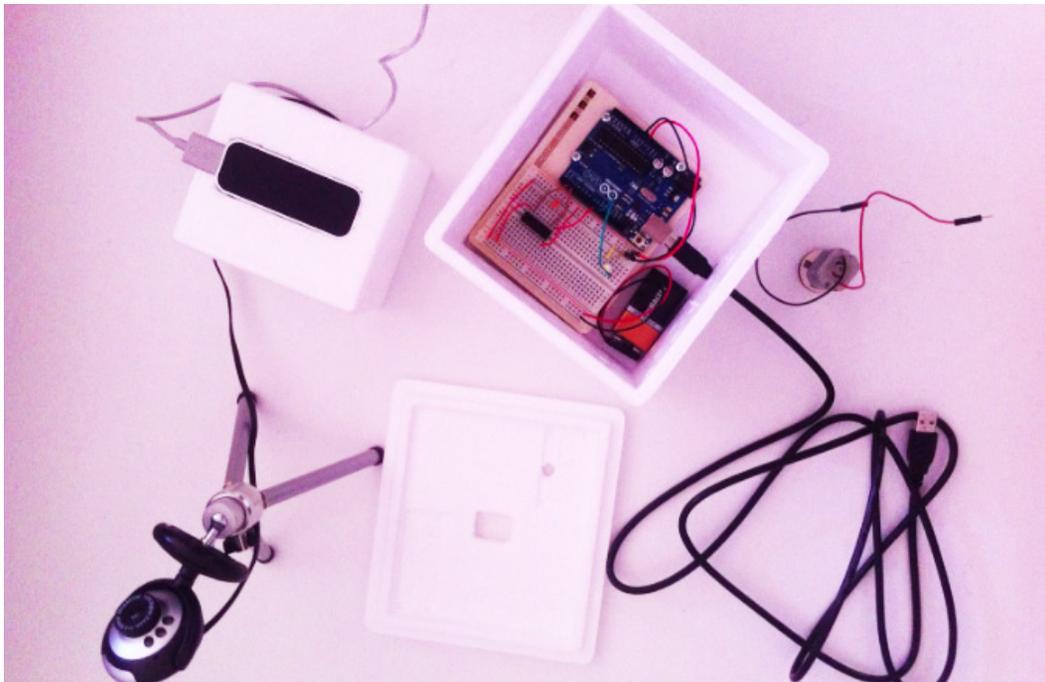


Fig. 38 - Montagem do Protótipo

Com o movimento de um dedo, no sentido vertical, sobre o sensor Leap Motion, é possível definir o lado de rotação do motor, que está acoplado ao disco de cor. O Leap Motion é um dispositivo que contém sensores que permitem detectar movimentos das mãos e dos dedos e utilizá-los como controladores, sem a necessidade de tocar. Com o movimento do dedo no sentido horizontal define-se a quantidade de luz emitida pelo led branco contido no interior, que através de um pequeno furo na caixa, ilumina o ponto do disco onde a câmera está focalizada, alterando o seu brilho e saturação (e consequentemente os filtros do sintetizador).

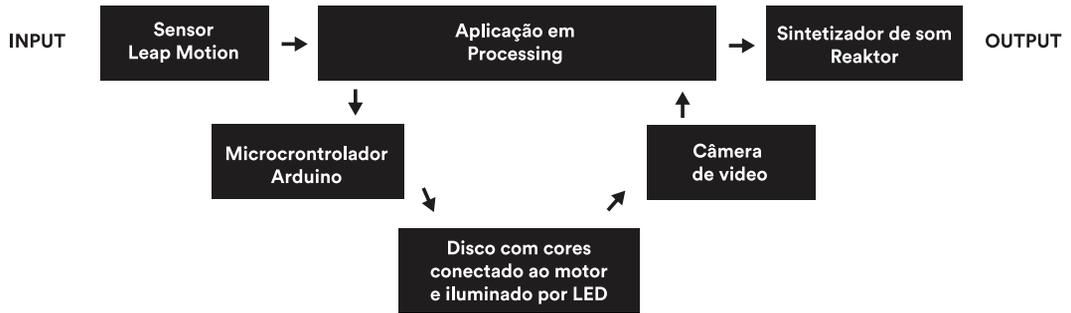


Fig. 39 - Esquema de funcionamento do protótipo

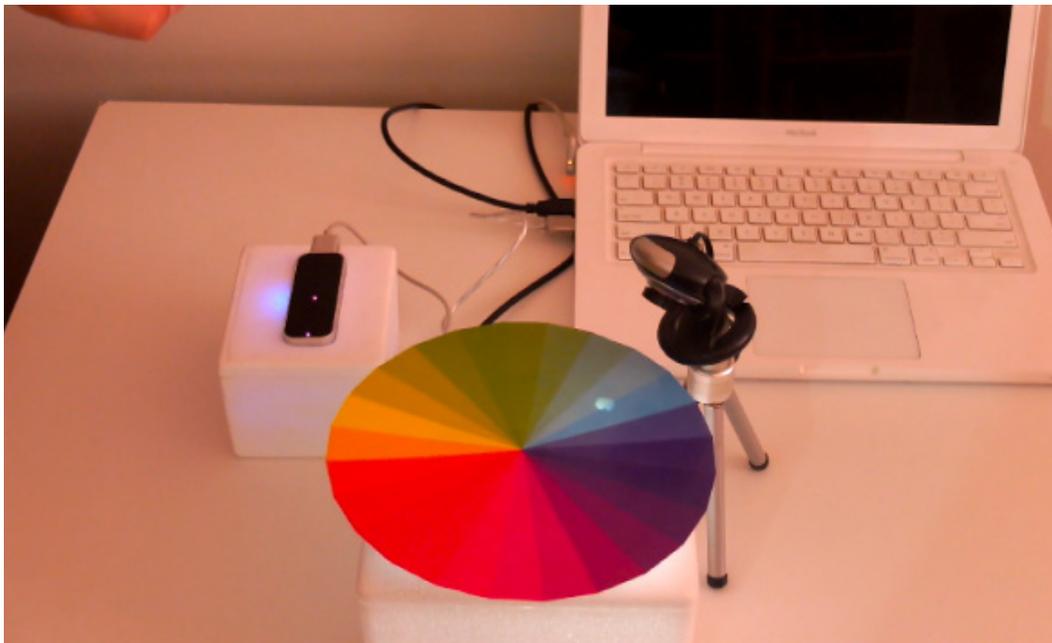


Fig. 40 - Estrutura de protótipo montada. À esquerda o sensor Leap Motion, capaz de reconhecer o movimento dos dedos e alterar a rotação do motor acoplada ao disco e da luz instalada no interior da caixa.

Assumindo o caráter experimental, a fidelidade das cores não pode ser qualificada com a estrutura, porém os resultados conseguem, de fato, criar uma interessante relação entre o movimento do disco, o efeito da luz e a interpretação numérica das cores pela câmera, resultando em um artefato simples porém coerente.

Atentando que o sintetizador têm em sua construção um caráter genérico - ler cores e transformá-las em som - as possibilidades de interação são inúmeras.



Fig. 41 - Protótipo em funcionamento

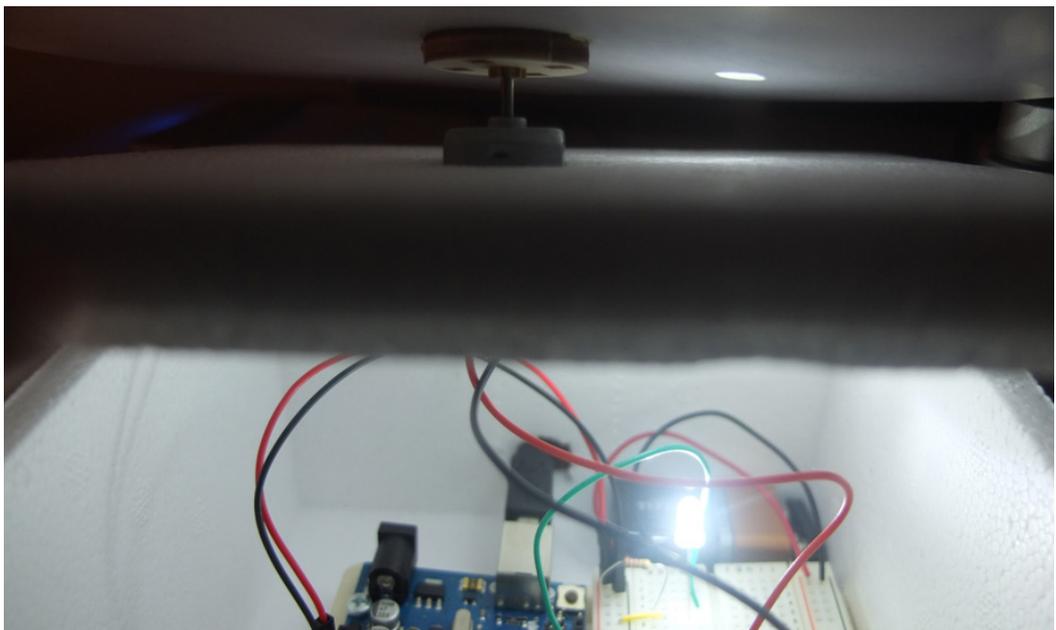
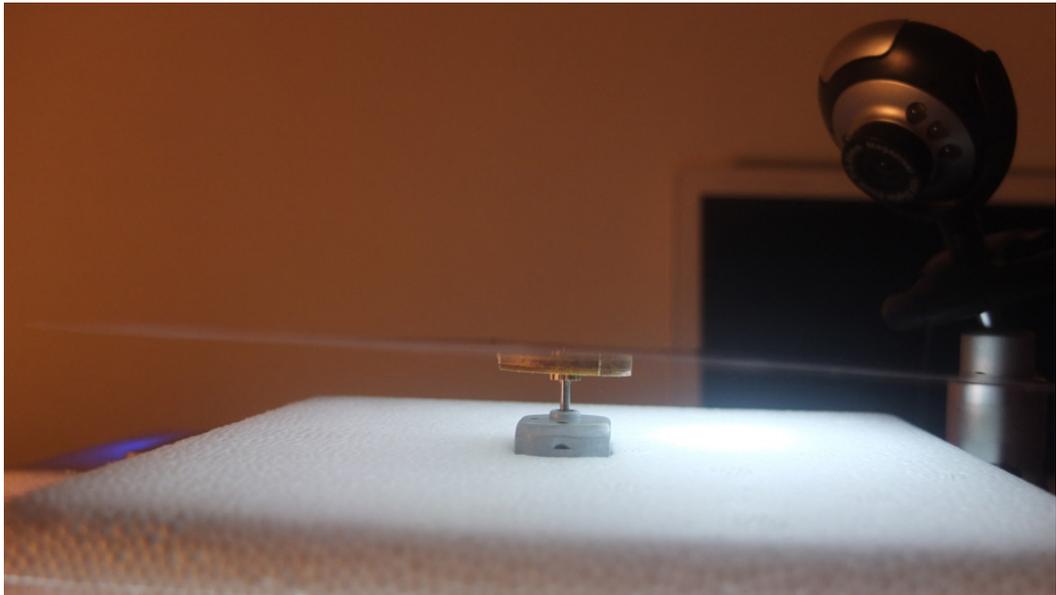


Fig. 42 - Motor acoplado a disco de cor
Fig. 43 - Parte interna do protótipo, com o LED aceso

5. Conclusão

5. Conclusão

Nos capítulos anteriores, buscou-se um retrospecto sobre os momentos onde as teorias das cores encontraram analogias sonoras, que, especialmente no final do século XIX, evoluíram para tentativas práticas que buscavam uma aproximação sensorial mais perceptível desta relação. Como visto anteriormente, diversas abordagens, tanto nos quesitos formais quanto nos formatos destes inventos, nos permitem observar que não é possível apenas uma conclusão para tal relação.

Como Goethe afirmou em crítica a Newton, as propriedades da cor vão muito além de suas características físicas, e são relativas também à percepção e apreciação humana, assim como o som. A busca de uma intersecção destas áreas é ainda mais subjetiva, como Kandinsky descreveu tão bem em *Do Espiritual na Arte*.

Fato é que mesmo não havendo um consenso entre artistas, cientistas, designers ou músicos, o campo de exploração para tal área mantém-se com imensas possibilidades. A utilização de novas formas interativas, seja no âmbito artístico, científico ou educacional, abre espaço para novas apreciações e conclusões.

Com o desenvolver do projeto, fica claro que um dos objetivos mais importantes é entender como os inventores dos instrumentos músico-visuais conseguiram chegar em suas invenções, e ficou claro, que, entender as cores como um domínio do saber mais amplo e complexo do que imaginado inicialmente, é fundamental.

Como descrito no capítulo 4, o desenvolvimento de um sintetizador de cores “genérico” abre espaço para dezenas de outras formas de criar interações capazes de conectar som e cores, fazendo desta pesquisa um possível embrião para futuros projetos artísticos ou investigativos sobre o tema.

Na tentativa de criar uma nova relação onde as cores “leem” os sons, construiu-se um artefato capaz de, mesmo que de maneira simplificada, reverenciar estes homens e mulheres que preferiram escutar com os olhos e observar com os ouvidos.

6. Bibliografia

6. Bibliografia

- [1] P. F. Case, *Correlation of Sound and Color*, Boston: Hestia Mass, 1931, pp. 1–31.
- [2] J. L. Benson, “Greek color theory,” in *Greek Color Theory and the Four Elements*, Amherst: University of Massachusetts, 2000, pp. 15–48.
- [3] A. Margarida and M. Allen, “A Cor na Formação do Designer A Cor na Formação do Designer,” Universidade Técnica de Lisboa, 2005.
- [4] E. L. Possebon, “A teoria das cores de Goethe hoje,” Universidade de São Paulo, 2009.
- [5] M. Queiroz (2014, Jun 12), *a COR simplificada*. [Online]. Available: www.acorsimplificada.com.br/circulos-cromaticos
- [6] J. W. Gothe, *Goethe's Theory of Colours*, London: Murray, John, 1840.
- [7] M. Franssen, “The Ocular Harpsichord of Louis-Bertrand Castel,” *Sci. Aesthet. an Eighteenth-Century Cause Célèbre*, pp. 15–77, 1991.
- [8] D. D. Jameson, “Colour-music”, London: Smith, Elder, 1844, p. 1-23.
- [9] A. W. Rimington, *Colour-music, the art of mobile colour*, Doylestown, Pa.: Wildside Press LLC, 2004, pp. 1–256.
- [10] J. Itten, *The Elements of Color: A Treatise on the Color System of Johannes Itten Based on His Book the Art of Color*, EUA: Birren, Faber, 1970.
- [11] A. Chediak, *Harmonia e Improvisação voll.*, Rio de Janeiro: Irmão Vitale, 1986.
- [12] L. Oliveira (2014, May 16), *Fala-me de música*. [Online]. Available: <http://www.falamedemusica.net/GuitarChords/Definition.php?lang=pt>
- [13] H. Erfurth, *Kandinsky*, São Paulo: Abril, 2011. [Coleção Grandes Mestres; v.18]
- [14] W. Kandinsky, *Do Espiritual Na Arte*, Rio de Janeiro: Martins Fontes, 2002.
- [15] S. Farthing (ed.), *501 Grandes Artistas*, Rio de Janeiro: Sextante, 2009.

- [16] F. Gomes, “A Música na Obra de Kandinsky,” Universidade de Lisboa, 2003.
- [17] Richard Verdi, “Musical Influences on the Art of Paul Klee”, Art Institute of Chicago Museum Studies, vol. 3, pp. 81-107, 1968.
- [18] R. C. R. de Castro, “O pensamento criativo de Paul Klee : arte e música na constituição da Teoria da Forma”, Per Musi, no. 21, pp. 7–18, 2010.
- [19] R. Manchester, (2013, Dez 15) *Paul Klee*. [Online]. Available: <http://www.paulklee.net/sunset.jsp>.
- [20] J. Albers, *Interaction of Color: 50th Anniversary Edition*, New Haven and London: Yale University Press, 2013.
- [21] G. Zinman, (2013, Dez 28) *Handmade: The moving image in the artisanal mode*,. [Online]. Available: <http://handmadecinema.com/mobileview.php?id=10>.
- [22] K. Peacock, “Instruments to Perform Color-Music,” Two Centuries Technol. Exp., vol. 21, no. 4, pp. 397–406, 1988.
- [23] R. Nave, (2013, Dez 28) *The Hyperphysics - The Hapsichord - George State University*. [Online]. Available: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/music/harpsi.html>.
- [24] L. Castel, “Clavecin pour les yeux,” *Mercure de France* , pp. 2557–2558, November, 1725.
- [25] R. Sommerlad, (2013, Dez 18) *The Amazing Adventures of Kastner’s Miraculous Pyrophone*. [Online]. Available: <http://blog.sciencemuseum.org.uk/collections/2012/02/09/pyrophone1/>
- [26] B. Bishop, “A Souvenir of The Color Organ,” with some Suggest. regard to Soul Rainbow Harmon. Light, pp. 1–10, 1893.
- [27] J. Jewaski, “Color and music,” *New Grove Dict. Music Music.*, vol. 6, pp. 155–160, 2002.
- [28] M. Wright, “NOURATHAR: An early 20th century color organ ,” in 26th Annual Conference of the Society for Electro-Acoustic Music, 2011, pp. 1–9.
- [29] T. Wilfred, “Light and The Artist,” *J. Aesthet. ART Crit.*, vol. 5, no. 4, pp. 247–255, 1947.

[30] D. M. Stein, (2013, Dez 22) “*MoMA Exhibiton Press Release: Thomas WilfredL Lumia*” [Online]. Available: https://www.moma.org/momaorg/shared/pdfs/docs/press_archives/4690/releases/MOMA_1971_0127_89A.pdf?2010

[31] B. Eder, (2014, Fev 10) *Bob Dylan - Bob Dylan* [Online]. Available: <http://www.allmusic.com/album/bob-dylan-mw0000205218>

[32] N. Nesturkhl, “The Theremin and Its Inventor in Twentieth-Century Russia” in *Leonardo Music Journal*, vol. 6, pp. 57-60. 1996.

[33] J. M. Wisink, *O Som e o Sentido*, Rio de Janeiro: Companhia das Letras, 1999.

[34] Apple Inc, (2014, Jun 25) *Synthesizer Basics*. [Online]. Available: <https://documentation.apple.com/en/logicstudio/instruments/#chapter=A%26section=0>

[35] B. Whalley, (2014, Jun 10) *Synth Britannia- the history of the synthesizer in 70's and 80's music*” [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=LXm8O5cKrhI>

[35] M. Wright, (2014, Jun 23) *Open Sound Control*. [Online]. Available: <http://opensoundcontrol.org/introduction-osc>

• U C •

