

OBJECTOS MUSICAIS

UMA INTERFACE MUSICAL INTUITIVA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM DESIGN E MULTIMÉDIA

2016 – 2017

Francisco Lopes

ORIENTAÇÃO:

Amílcar Cardoso

Tiago Cruz



OBJECTOS MUSICAIS

UMA INTERFACE MUSICAL INTUITIVA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM DESIGN E MULTIMÉDIA

2016 – 2017

Francisco Sampaio Lopes

ORIENTAÇÃO:

Prof. Doutor Fernando Amílcar Bandeira Cardoso

Prof. Doutor Tiago José dos Santos Martins da Cruz

ELEMENTOS DO JÚRI:

Prof. Doutora Maria Alice Barriga Geirinhas dos Santos

Prof. Doutor José Augusto Maçãs da Silva Carvalho

• U



C •

RESUMO

A música é um dos meios mais poderosos para a expressão de emoções e sentimentos, assumido desde a infância. Estamos habituados a improvisar ritmos e melodias, a memorizar e imaginar harmonizações e até músicas completas.

No entanto, devido à complexidade inerente à expressão musical através de um instrumento, é necessário não só dominá-lo completamente como também conhecer os conceitos teóricos que ditam as regras a que as melodias têm de obedecer.

Assumindo que a maioria das pessoas com poucos ou nenhuns conhecimentos musicais consegue reproduzir melodias através da sua voz, recorreu-se aos princípios do Design de Interação para conceber um instrumento musical electrónico que torna possível transmitir ideias melódicas aproveitando essas intuições.

PALAVRAS-CHAVE

Música, Expressão, Design de Interação, Instrumento Musical, Electrónica

ABSTRACT

Music is a powerful medium for expressing emotions and feelings, acquired during childhood. We are used to improvise rhythms and melodies, memorize and imagine harmonies and even full songs.

However, due to the complexity involved in the personal expression through an instrument, it becomes necessary not only to completely master it, but also understand the theoretical concepts that dictate the rules to which melodies must obey.

Assuming that most people with little or no musical knowledge whatsoever can create melodies using only their voice, Interaction Design principles were studied to create an electronic musical instrument that avails those intuitions in order to convey melodic ideas.

KEYWORDS

Music, Expression, Interaction Design, Musical Instrument, Electronics

à memória do meu Avô Sampaio

*“In music one doesn’t make
the end of a composition the
point of the composition.
If that were so, the best
conductors would be those
who played fastest and
there would be composers
who wrote only finales.”*

Alan Watts

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo e de todos, aos meus pais, por todo o apoio, compreensão e confiança que depositaram em mim mesmo nas horas mais difíceis que por vezes um projecto destes pode trazer.

Aos meus orientadores, Amílcar Cardoso e Tiago Cruz, pelo equilíbrio entre autonomia e suporte que me ofereceram e que me permitiu evoluir tanto, à paciência, à disponibilidade e à preocupação com que lidaram comigo durante estes dois anos.

Aos velhos amigos, por todo o préstimo oferecido quer no desenvolvimento deste projecto quer na distração do mesmo. Em especial ao António, por todas as chaves e chavinhas, ao Tomé, por ser um dicionário português—inglês tão dedicado, e ao João Miguel, pelos equipamentos que migraram das suas mãos por tempo indefinido — um dia, meu caro... não percas a esperança.

Aos amigos que aceitaram fazer parte das minhas experiências, em especial ao Flávio, ao Bruno, ao Neves e ao Tiago, pela dedicação sem a qual este projecto não estaria tão completo.

Aos professores e aos colegas de curso que participaram nesta evolução. Em especial ao Ivo, ao Renato e ao Saraiva pelas directas solidárias.

À família e aos amigos da família, que tanto torceram por este documento.

À Andreia, a quem esta dissertação tantas vezes me roubou, pelo amparo que acompanhou todo este meu percurso universitário.

À Desconcertuna, que me trouxe até aqui.

E por fim, a todos os outros que tiveram uma contribuição na realização deste projecto, por mais pequena que tenha sido.

A todos estes,

O meu mais sincero agradecimento.

ÍNDICE

Capítulo 1		5.3 Concretização do Instrumento	105
Introdução	13	5.3.1 Versão 1	107
1.1 Enquadramento e Motivação	15	5.3.2 Versão 2	109
1.2 Objectivos	16	5.3.3 Versão 3	119
1.3 Estrutura de Capítulos	17	5.4 Computação da Música	125
		5.4.1 Arduino	125
Capítulo 2		5.4.2 Max/MSP	127
Estado da Arte	19	5.4.3 MIDI	129
2.1 Ludificação	21	5.4.4 Processing	132
2.2 Design de Interacção	27	5.5 Interface Gráfica	137
2.3 Hiperinstrumentos	34	5.5.1 Versão 1	137
		5.5.2 Versão 2	140
Capítulo 3		5.5.3 Versão 3	144
Metodologias e Ferramentas	45		
		Capítulo 6	
Capítulo 4		Avaliação	165
Plano de trabalho	49	6.1 Testes de Usabilidade (1ª fase)	167
4.1 Definição das Tarefas	51	6.2 IHCI 2016	170
4.2 Representação Gráfica	53	6.3 Testes de Usabilidade (2ª fase)	172
4.3 Adversidades	59	6.4 Registo Audiovisual	174
		6.5 Divulgação	178
Capítulo 5		6.6 Melhorias futuras	179
Desenvolvimento	61		
5.1 Teoria do Som e da Música	63	Capítulo 7	
5.1.1 Som	63	Conclusão	183
5.1.2 Música	65		
5.1.3 Definição de restrições	68	Referências Bibliográficas	186
5.2 Desenvolvimento de Interfaces	74		
5.2.1 Interface de Sopros	77	Anexos	192
5.2.2 Interface de Toque	85		
5.2.3 Joystick	97		

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

O lado interpretativo da experiência musical não é tão simples e fluído como o lado receptivo. A música não é algo difícil de desfrutar, mas é frequentemente frustrante de criar e de tocar, especialmente para os menos treinados (NEWTON-DUNN, NAKANO, GIBSON, 2003).

Enquanto que toda a gente pode apreciar música, para que se possa exprimir fluentemente através um instrumento melódico é necessário aprender os princípios que governam a teoria musical: o conjunto de regras que devem ser seguidas para que se possa combinar sons que dão origem a composições harmoniosas em vez de caos.

O objectivo deste projecto é contribuir para a superação dessa barreira tirando partido das intuições dos utilizadores. Por exemplo, mesmo quem não tem nenhum tipo de treino musical é capaz de distinguir vários aspectos musicais como mudanças de tom, volume e ritmo, a que atribuímos os conceitos de altura, força e velocidade, respectivamente. Conseguimos ainda descrever sons como profundos, claros ou escuros, ásperos ou suaves (CHO, 2005).

Somos também capazes de entoar melodias e reproduzi-las através da voz. Uns melhor que outros, conseguimos até improvisar melodias e acompanhar instrumentos sem sabermos, a cada nota, quantos tons subimos ou descemos.

Este projecto consiste na concepção de um instrumento musical electrónico que possa ser tocado por qualquer pessoa e, acima de tudo, que seja passível de ser um meio de expressão musical de fácil compreensão e operação.

*“Imagination is more
important than knowledge.”*

Albert Einstein

1.1 Enquadramento e Motivação

Sempre me interessei pelo mundo da música, não só pela experiência auditiva que lhe está intrínseca como pela parte interpretativa, que desde cedo me fascinou. Estudei música durante alguns anos, o que me permitiu aprender o básico, e logo desejei compreendê-la para perceber como se podem combinar sons para que resultem em composições agradáveis.

Apesar de os meus conhecimentos teóricos nunca terem sido suficientes para que conseguisse exprimir-me com um instrumento melódico tão fluentemente quanto gostaria, a possibilidade dessa mesma expressão sempre me cativou e tenho vindo, a pouco e pouco, a aprender os princípios que regem a teoria musical — mas sei que terei uma longa aprendizagem pela frente. Estou, portanto, bastante familiarizado com a relutância que a tentativa de expressão musical pode oferecer, barreira essa que é constante durante todo o caminho da aprendizagem desta arte.

No meu percurso musical, especificamente no âmbito da interpretação, o que me despertou mais interesse foi a percussão puramente rítmica, por ter um conjunto de regras que me é facilmente compreensível e intuitivo e onde me é mais fácil a expressão através dos sons. Na construção rítmica não existem restrições de sons específicos: pode-se idealizar uma composição com sons mais abstractos que podem ser concretizados seja nos sons de um conjunto de bateria, seja em objectos improvisados como mesas, caixotes ou até utensílios de cozinha.

Interessa-me a possibilidade de, da mesma maneira, pensar num arranjo melódico de sons e interpretá-lo em tempo real, podendo transmiti-lo sem precisar de saber quais os seus tons nem se são coerentes com os anteriormente tocados ou com as outras melodias da composição.

1.2 Objectivos

O mundo digital tem vindo a encontrar respostas cada vez mais poderosas para os que pretendem exprimir-se musicalmente, mas continua a verificar-se uma lacuna no que respeita à oferta de aplicações interactivas que permitam a composição de trechos musicais com alguma complexidade e o controlo da sua execução, de forma criativa e intuitiva, a pessoas com conhecimentos musicais limitados.

Ambiciona-se, deste modo, desenvolver um sistema interactivo que altere a maneira como os seus utilizadores interagem com um instrumento musical, oferecendo-lhes assim um meio de expressão musical.

1.3 Estrutura de Capítulos

Com o intuito de auxiliar a compreensão da estrutura deste documento, segue-se uma listagem dos capítulos que o constituem e uma breve descrição dos mesmos. Conclui-se com um esclarecimento relativo à organização interna dos capítulos.

Capítulo 1 – Introdução

Destaque das questões importantes para a contextualização desta proposta, como a identificação do problema, a motivação para o resolver e a apresentação de uma solução para o mesmo.

Capítulo 2 – Estado da Arte

Neste capítulo são apresentados projectos que se relacionam de alguma maneira com esta proposta, indispensáveis para a contextualização e compreensão daquilo que já foi realizado nas áreas de intervenção em que são categorizados: Ludificação, Design de Interação e Hiperinstrumentos.

Capítulo 3 – Metodologias e Ferramentas

Tendo em conta os casos apresentados no capítulo anterior, são aqui definidos os métodos de abordagem a seguir, bem como as ferramentas empregues para os implementar.

Capítulo 4 – Plano de Trabalho

O quarto capítulo contém uma planificação do trabalho, idealizada para que todas as tarefas necessárias a um desenvolvimento eficiente deste projecto possam ser cumpridas. Conta ainda com a concretização desse plano, assim como uma reflexão sobre a mesma.

Capítulo 5 – Desenvolvimento

São apresentados os resultados das investigações e experimentações efectuadas durante o desenvolvimento prático do projecto.

Capítulo 6 – Avaliação

Descrição e análise dos processos de avaliação utilizados para validar o projecto. Inclui uma secção de melhorias que podem ser implementadas com base nestas avaliações.

Capítulo 7 – Conclusão

É apresentada uma reflexão sobre o trabalho desenvolvido e uma descrição das conclusões.

Este documento inclui ainda uma secção com referências bibliográficas, bem como um conjunto de anexos com documentação que complementa o projecto.

Segmentação

Os capítulos podem ainda estar organizados em secções, que por sua vez podem ser divididas em subsecções. A notação utilizada na numeração destes elementos é elucidada nos seguintes exemplos:

1	Capítulo	(primeiro capítulo)
1.2	Secção	(segunda secção do Capítulo 1)
1.2.3	Subsecção	(terceira subsecção da Secção 1.2)

Capítulo 2

ESTADO DA ARTE

No desenvolvimento de qualquer projecto é importante ter em conta as experiências que já foram realizadas no mesmo contexto. Só assim é possível ter uma noção das diferentes abordagens já utilizadas e as respostas encontradas.

Em todo o processo exploratório há a influência de vários trabalhos na medida em que as suas características finais são o resultado de várias fases experimentação. A análise daquilo que já foi feito e do que pode ser melhorado é fulcral nas decisões das direcções que o projecto toma tanto no sentido da inovação como no da apropriação de métodos já existentes, evitando resolver problemas solucionados anteriormente.

Neste capítulo segue-se uma apresentação dos trabalhos dignos de destaque, que influenciaram decisões tomadas neste projecto quer orientando, quer solucionando problemas de concepção.

Apesar de todos os exemplos apresentados se relacionarem com este projecto, optou-se por segmentar este capítulo tendo em conta três conceitos distintos, designados de seguida.

Ludificação

Projectos que procuraram abordar a criação musical através da definição de um conjunto de acções que influenciam os aspectos musicais.

Design de Interação

Projectos que foram seleccionados tendo em conta a inovação nos métodos de controlo e a exploração da interacção em si.

Hiperinstrumentos

Projectos que basearam a sua abordagem em instrumentos já existentes, visando a maneira como conseguiram aproveitar as características dos mesmos.

2.1 Ludificação

A ludificação ou “gamificação” — do inglês, *gamification* — consiste no uso de técnicas características de videojogos em situações do mundo real com o objectivo de resolver problemas práticos. Quando aplicada na música, consiste na parametrização de regras e aspectos musicais, transpondo os eventos num suporte visual que ajuda na percepção e interacção, cativando os utilizadores (JACKOWSKI et al., 2014).

Os projectos que utilizam esta abordagem tratam a música como uma composição por camadas. Cabe ao utilizador administrar essa composição escolhendo os aspectos que deseja adicionar num determinado momento. Posteriormente pode aplicar alterações nesses aspectos, conferindo dinâmica e estrutura à sua composição.

Reactable (2003) — Jordà, Geiger, Kaltenbrunner e Alonso

O projecto Reactable foi desenvolvido em 2003 na Universidade Pompeu Fabra, em Barcelona, por uma equipa constituída por Sergi Jordà, Günter Geiger, Martin Kaltenbrunner e Marcos Alonso. Foi um dos primeiros projectos abordado nesta pesquisa, pela proximidade com a questão que está na origem desta dissertação.

Trata-se de um instrumento musical electrónico composto por uma interface tangível através de um ecrã horizontal com que o utilizador pode interagir através de uma série de blocos chamados *tangibles* (ver Figura 1 e Figura 2). Estes objectos representam sons ou efeitos que podem ser adicionados à composição quando pousados no ecrã.

A Reactable, através de um sintetizador, produz sons em conformidade com os blocos utilizados. Depois de dispostos, podem ser movidos ou rodados para alterar parâmetros desse som específico, possibilitando o controlo da composição (JORDÀ, 2010).



Figura 1
Versão mais recente
da Reactable

Esta abordagem foi validada pelos interesses de aquisição que levaram à criação da Reactable Systems, fundada em 2009 para comercialização e desenvolvimento do instrumento. Desde então foi utilizado não só para a criação musical individual, como para exploração colaborativa em instalações públicas e performances, como os exemplos da Figura 3 e da Figura 4, respectivamente.

Figura 2
Manipulação dos *tangibles*



Figura 3
Exploração colaborativa
do instrumento



Figura 4
Utilização num concerto
da cantora Björk



Block Jam (2003) — Newton-Dunn, Nakano e Gibson

Concebido pela Sony, também em 2003, este projecto foi o resultado do trabalho de várias unidades da empresa japonesa representadas por Henry Newton-Dunn, Hiroaki Nakano e James Gibson.

Este produto pretende ser uma aproximação à criação musical focada na experimentação em detrimento da teoria, como resposta à hipótese de que, com os avanços tecnológicos, a música deixará de ser considerada uma composição linear para ser vista como uma estrutura dinâmica que tire partido de interacção (NEWTON-DUNN, NAKANO, GIBSON, 2003).

Trata-se de uma interface tangível composta por blocos que, através de um processo de simplificação — a ideia inicial, representada na Figura 5, era conceptualmente mais complexa —, se definiu que seriam todos idênticos e que posteriormente poderiam ser-lhes atribuídas, pelo utilizador, várias funções com impactos diferentes no som definido.

É possível definir se um bloco representa o início de uma frase musical ou se a estende, activando outro bloco. Os blocos são acoplados e os sons de cada um são tocados por ordem, ciclicamente. Os resultados que se podem obter são variados, sendo possível organizar os blocos em várias linhas, criando frases musicais que tocam em simultâneo, que podem ser conjugadas em intersecções, onde o mesmo bloco é partilhado por duas frases (ver Figura 6 e Figura 7).

Para a geração sonora, esta interface é utilizada para controlar um sequenciador, um dispositivo capaz de gravar, editar e tocar sons, que por sua vez envia os dados para um sintetizador.

A introdução do projecto aos utilizadores foi considerada um sucesso, sendo geralmente necessário apenas 3 a 4 minutos de experimentação e explicação para compreenderem o funcionamento do objecto. Apesar de algumas dificuldades na descoberta de todas as funções, a partir desse período de adaptação o carácter inovador da interface deixava de interferir com a interacção. (NEWTON-DUNN, NAKANO, GIBSON, 2003, p. 176)

Figura 5
“Early sketch (describing
a more complex
interaction language)”
(NEWTON-DUNN,
NAKANO, GIBSON, 2003)

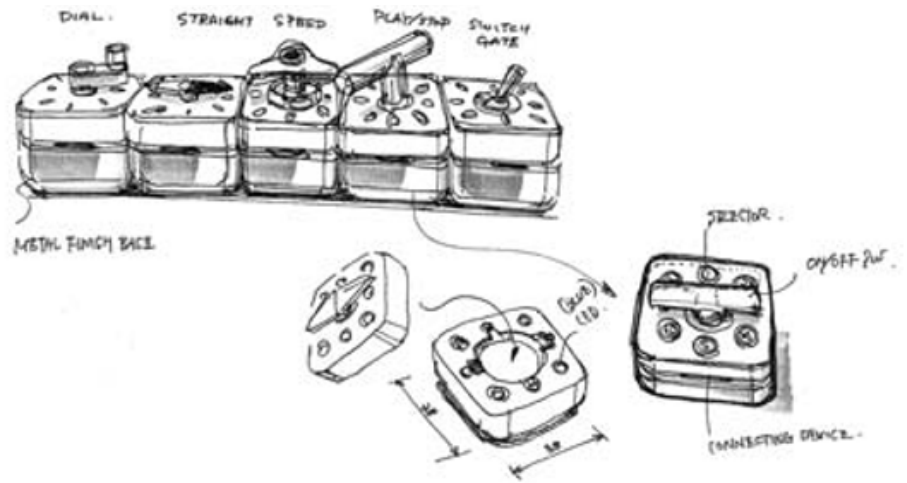
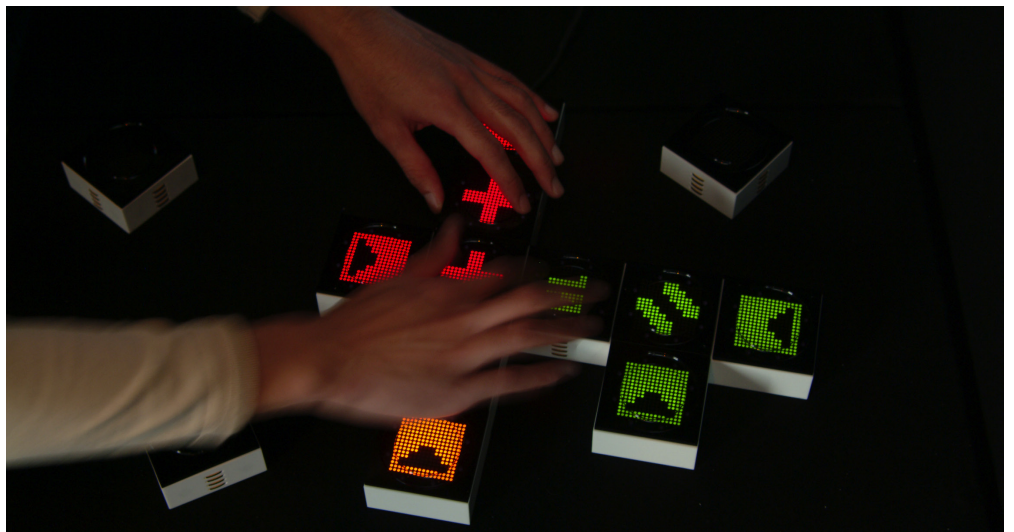


Figura 6
Block Jam



Figura 7
Processo de criação de
uma estrutura utilizando
o sistema Block Jam



Para além destes projectos, desde então foram criadas várias aplicações que utilizam a ludificação para trabalhar a música, como é o exemplo da Reactable Mobile (2010), e a NodeBeat (2013), que aplicam o funcionamento do sistema Reactable em ecrãs tácteis utilizando elementos gráficos como módulos.

É de destacar também o projecto Incredibox (2009), uma aplicação *web* demonstrada na Figura 8 que, tendo usado um conceito alternativo aos blocos, retrata um grupo de até sete indivíduos, os módulos, aos quais se podem atribuir trechos musicais. Como forma de controlo é possível isolá-los, silenciá-los temporariamente ou removê-los da composição.



Figura 8
Exemplo de uma composição na versão mais recente de Incredibox, disponível na página *web* www.incredibox.com

Os projectos pesquisados no âmbito da ludificação seguem todos o mesmo princípio: o utilizador deve adicionar módulos — que tanto podem ser um som como a modificação de um som — a um ciclo contínuo. Este método aborda geração de música como uma performance e permite a criação de composições musicais complexas.

No entanto, não permite tratar a expressão musical melódica nem o controlo de toda a geração em tempo real, na medida em que o utilizador se foca num único aspecto de cada vez enquanto a restante composição continua a tocar o mesmo ciclo.

Apesar de uma grande variedade de resultados, decidiu-se que esta abordagem não seria apropriada, face à ausência destas possibilidades, consideradas essenciais para o projecto.

2.2 Design de Interacção

No processo de concepção e desenvolvimento de um produto, a experiência oferecida ao utilizador é de extrema importância para um bom resultado final. É seguindo este princípio que o Design de Interacção — termo cunhado por Bill Moggridge em 1990 — se foca na criação de interfaces cativantes com comportamentos espectáveis (MOGGRIDGE, 2007).

Compreender a maneira como os utilizadores e a tecnologia tendem a comunicar entre si é fundamental para antecipar as várias maneiras de como se pode interagir com uma interface, permitindo, assim, oferecer pistas sobre os comportamentos da interface antes da interacção propriamente dita, para facilitar o processo de aprendizagem do produto (SAFFER, 2010).

Esta abordagem, por se caracterizar por um estudo extensivo das possibilidades de interacção existentes, resulta em experiências consistentes e muitas vezes completamente inovadoras — o mesmo se verifica quando aplicada no mundo da música.

Nesta secção são apresentados instrumentos musicais que surgiram através da exploração de novos métodos de interacção com sensores electrónicos e que são relevantes para este projecto na medida em que procuram responder à necessidade de métodos alternativos de criação musical.

Teremim (1919), Léon Theremin

Este instrumento é um dos primeiros instrumentos electrónicos e destacou-se pela ausência de qualquer tipo de contacto físico na sua utilização, conceito inexistente na altura.

É composto por uma caixa de onde saem dois condensadores em forma de antenas, perpendiculares entre si, como se pode ver da Figura 9 à Figura 11. A posição de uma das mãos em relação à antena horizontal influencia a intensidade do som e a posição da outra mão, em relação à antena vertical, altera o tom do som reproduzido.

A utilização de osciladores para a geração de som era já na altura uma prática conhecida, mas a natureza da sua interacção, que tira partido do movimento das mãos sem qualquer tipo de atrito, torna a sua sonoridade única e reconhecível, reflectindo esta expressividade.

A versatilidade deste instrumento levou à sua difusão no mundo musical e tem vindo a ser utilizado até aos dias de hoje. Como acontece com os instrumentos musicais mais convencionais, há músicos que dedicam a sua vida profissional a aprender, tocar e ensinar a tocar o teremim, como é exemplo Lydia Kavina (ver Figura 11).



Figura 9
Léon Theremin, numa
demonstração do
seu instrumento

Figura 10
Albert Kreuzer utilizando
o teremim num concerto



Figura 11
Lydia Kavina, aluna do
próprio Léon Theremin,
divulgando o instrumento
na conferência
TEDxGhent, em 2013



Trata-se de um instrumento musical completo que pode ser utilizado para tocar qualquer melodia e possibilita um nível de expressividade em tempo real que a maioria dos instrumentos musicais electrónicos actuais não permite. (PARADISO, GERSHENFELD, 1994, p. 69)

A sua única restrição é que, por reproduzir todo e qualquer som dentro do seu registo tonal, tocá-lo requer uma grande prática e um ouvido musical desenvolvido, excluindo muitos músicos como potenciais utilizadores.

The Hands (1984), Michel Waisvisz

Nos dias de hoje é uma prática comum, mas esta foi a primeira interface experimental a fazer uso da conversão de dados obtidos através de sensores electrónicos para dados MIDI.

Este instrumento resultou num par de placas — demonstradas na Figura 12 — ergonomicamente construídas para se encaixarem nas mãos que, como refere Sergi Jordà (COLLINS, 2007, p. 101), “contando com interruptores, potenciómetros e sensores foram concebidas para ser tocadas como uma espécie de acordeão imaginário”.

Waisvisz foi até hoje um dos poucos músicos que se concentrou na evolução do seu instrumento e que mais se dedicou à execução do mesmo, aperfeiçoando a sua própria técnica de execução, adaptando-o aos progressos tecnológicos e convidando outras pessoas a fazer melhorias. Defendendo esta ideologia, utilizou-o internacionalmente em performances públicas até aos seus últimos anos de vida, como vemos na Figura 13 e na Figura 14.

“A growing number of researchers/composers/performers work with gestural controllers but to my astonishment I hardly see a consistent development of systematic thought on the interpretation of gesture into music, and the notion of musical feed-back into gesture”
Michel Waisvisz
(cit. por WANDERLEY, BATTIER, 2000)

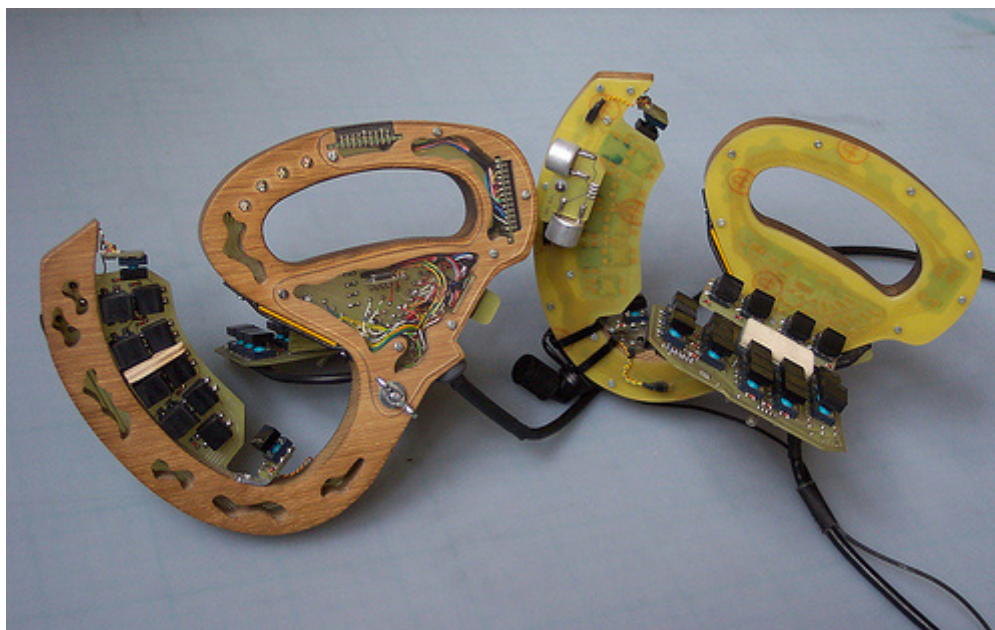


Figura 12
The Hands

Figura 13
Michel Waisvisz
demonstrando uma
das primeiras versões
do protótipo



Figura 14
Performance de Michel
Waisvisz em 2001



Tratou-se de um projecto de desenvolvimento e uso pessoal, tendo sido poucas as pessoas que tiveram a oportunidade de experimentar este instrumento musical. No entanto, serviu de inspiração para muitos músicos nas áreas da performance e da tecnologia (TORRE, ANDERSEN, BALDÉ, 2016), tais como os autores do próximo projecto.

The Aura (2013), Ray Li e Michael Ndubuisi

Este projecto iniciou-se com a proposta de conceber o instrumento musical mais intuitivo e, com esse objectivo, foi desenvolvida uma interface inteiramente gestual para ser utilizado em tempo real, segundo Ray Li (STEELE, 2014).

Influenciado por *The Hands*, o protótipo final consiste num par de luvas (ver Figura 15 e Figura 16) equipadas com vários sensores que permitem capturar as várias características dos gestos do utilizador. Ao contrário do projecto anterior, não conta com nenhuma tecla nem botão, procurando traduzir em música aspectos como as posições dos dedos entre si, a rotação, o deslocamento e a altura das mãos, bem como a distância entre as mesmas (DUNTLEY, 2014).

Qualquer interpretação puramente gestual é necessariamente relativa e, como tal, não permite precisão nos resultados obtidos. Todavia, servindo-se apenas deste tipo de interpretação para produzir música, este caso mostra-nos como a utilização de gestos e movimentos corporais pode ser bem sucedida, quando interpretada de modo a traduzir conceitos que associamos aos mesmos.

“We’re trying to capture those intuitive gestures and make music. (...) The musician will create a whole song on stage with nothing.”
Ray Li, 2014 (cit. por STEELE, 2014)



Figura 15
Plano aproximado das luvas de *The Aura*

Figura 16
Apresentação de
The Aura, por Ray
Li, em 2014



Apesar de este instrumento cumprir o objectivo a que se propôs, não responde da melhor maneira ao problema desta dissertação na medida em que se foca na geração de artefactos musicais e efeitos sonoros, em vez da criação melódica.

Esta interacção inteiramente gestual permite controlar bem aspectos relativos como o volume, mas torna difícil o controlo livre de outros em que seja necessária alguma precisão.

2.3 Hiperinstrumentos

O termo hiperinstrumentos — também referido como instrumentos aumentados ou instrumentos híbridos — refere-se a instrumentos musicais acústicos (ou por vezes eléctricos) cujas possibilidades são alargadas através da adição de diversos sensores, proporcionando aos utilizadores o controlo de sons ou parâmetros musicais que o instrumento original não permite (MIRANDA, WANDERLEY, 2006).

Neste capítulo expande-se o conceito, abrangendo também instrumentos totalmente electrónicos que tenham tirado inspiração em instrumentos musicais acústicos, seja como ponto de partida, seja como apropriação da interface.

O termo surge e difunde-se com o aparecimento do projecto de investigação Hyperinstruments, sediado no MIT (Massachusetts Institute of Technology), iniciado em 1986 por Tod Machover com o objectivo de expandir as capacidades de instrumentos musicais através de melhoramentos tecnológicos (MACHOVER, 2014).

O objectivo inicial era que fossem utilizados por músicos profissionais mas posteriormente foi incluída nas ambições do projecto a construção de instrumentos para o público em geral (MACHOVER, 2015). Os exemplos mais conhecidos de Machover e dos seus colaboradores são a família de hiperinstrumentos de cordas, que irá ter alguns destaques de seguida.

O Hyperbow é um arco de instrumentos de cordas electrónico que visa capturar os aspectos mais complexos e subtis da utilização de um arco. A informação obtida através da interpretação de movimentos e de gestos pode ser utilizada para controlar efeitos visuais e algoritmos de sintetização em tempo real (YOUNG, 2002).

O Hyperviolin trata-se de um violino que conta com o Hyperbow e sensores para medir a vibração produzida pelo som do instrumento, apresentado na Figura 17 e na Figura 18. Utiliza ainda um sistema de sintetização que interpreta a informação recolhida em tempo real (MACHOVER, 2006). A partir desses dados, é possível obter distorções ou até novos sons que acompanham o instrumento (JEHAN, 2006).

Figura 17
Primeiras versões
do Hyperviolin e
do Hyperbow



Figura 18
Versões actuais
do Hyperviolin e
do Hyperbow



O Hypercello é um violoncelo transformado especificamente para o violoncelista Yo-Yo Ma (ver Figura 19 e Figura 20) e posteriormente o sistema foi adaptado para uma viola de arco, da artista Kim Kashkashian (PARADISO, GERSHENFELD, 1994). Para além da inclusão do Hyperbow, são recolhidas informações sobre o contacto dos dedos com as cordas e movimentos do pulso da mão que está em contacto com o braço do instrumento (BOYT, 2014).

Figura 19 – esquerda
Figura 20 – direita
Yo-Yo Ma na apresentação
do Hypercello, em 1991



Moog Synthesizer (1964), Robert Moog

Robert Moog difundiu os sintetizadores no mundo da música ao criar um produto portátil, versátil e com bons resultados a nível da modelação e da geração do som, possibilitando o seu uso num vasto leque de estilos musicais.

Para isso, trabalhou numa série de algoritmos — através de operadores lógicos — para a modificação das ondas sonoras geradas pelo oscilador. Ineriu-os em circuitos — que incluíam botões rotativos para controlar os diferentes parâmetros — e separou-os em módulos para que se pudesse ligá-los em série.

Para o controlo tonal do som, Moog optou também por usar o teclado de um piano — a ideia já tinha sido utilizada em sintetizadores anteriores —, não só por ser uma interface culturalmente difundida e que seria logo à partida compreendida por muitos, mas também por ser perfeitamente adequada à interacção pretendida: como só era necessário seleccionar o tom desejado, as teclas serviriam perfeitamente como botões. A primeira versão do instrumento é apresentada na Figura 21 da próxima página.

A infinidade de sons possíveis — desde os caracteristicamente sintetizados até à simulação fiel de instrumentos acústicos — e a sua portabilidade fizeram deste instrumento um marco na história da música, tendo ficado conhecido como o Sintetizador de Moog e sendo utilizado por muitos artistas tanto em estúdio como em performances ao vivo, como é o caso do exemplo da Figura 22 na próxima página.

Apesar de ter revolucionado a música electrónica, devido à interface implementada é preciso saber ou aprender a tocar piano para tocar este instrumento. Para além disso, o controlo dos aspectos do som é feito através da activação de interruptores e da ligação de módulos que representam algoritmos. Neste projecto não é então uma aproximação viável a seguir, pois trata-se de um método de interacção pouco intuitivo.

Figura 21
Primeiro protótipo do
sintetizador de Moog,
comercializado em 1964



Figura 22
Artista Keith Emerson
e a sua versão do
instrumento, em 2010



Trombone-Propelled Electronics (1986), Nicolas Collins

Este projecto surgiu com o objectivo de criar uma ferramenta com bastante flexibilidade de processamento de som, cuja manipulação tivesse uma forte presença física. (COLLINS, 1991, p. 42)

É um trabalho interessante na medida em que resulta de um processo de exploração improvisado com objectos — ou partes de objectos — que Collins possuía e que reciclou na criação deste instrumento, apresentado na Figura 23 e na Figura 24.

Partindo de um trombone de vara antigo, o autor anexou um controlador com 16 teclas, à semelhança da representação da Figura 25, cada uma correspondendo a um efeito de manipulação de som.

No bocal foi utilizado um controlador de fluxo de ar para gerar o som e o movimento da vara do trombone permite controlar o efeito seleccionado. Para que isto fosse possível, Collins acoplou à vara uma trela de cão retráctil que passa por um controlador rotativo, alterando do valores do efeito. Esta instalação é apresentada na Figura 26.

Este exemplo extremamente prático prova a facilidade com que se pode partir de métodos de interacção já conhecidos e que é possível muitas vezes aproveitá-los através de componentes simples, sem que seja necessário procurar opções complexas.



Figura 23
Primeira versão
do instrumento

Figura 24
Versão mais recente do
instrumento, de 2005

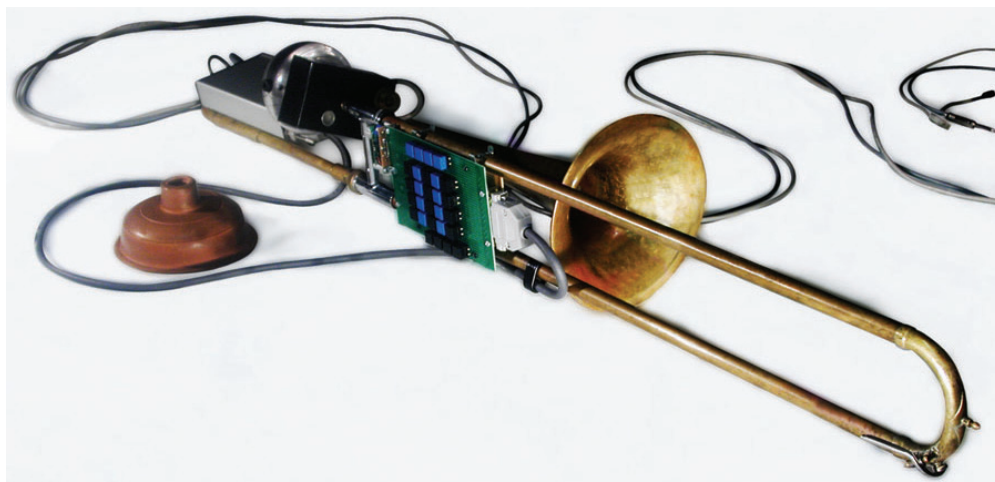


Figura 25
Pormenor do teclado,
com mais teclas na
versão actual

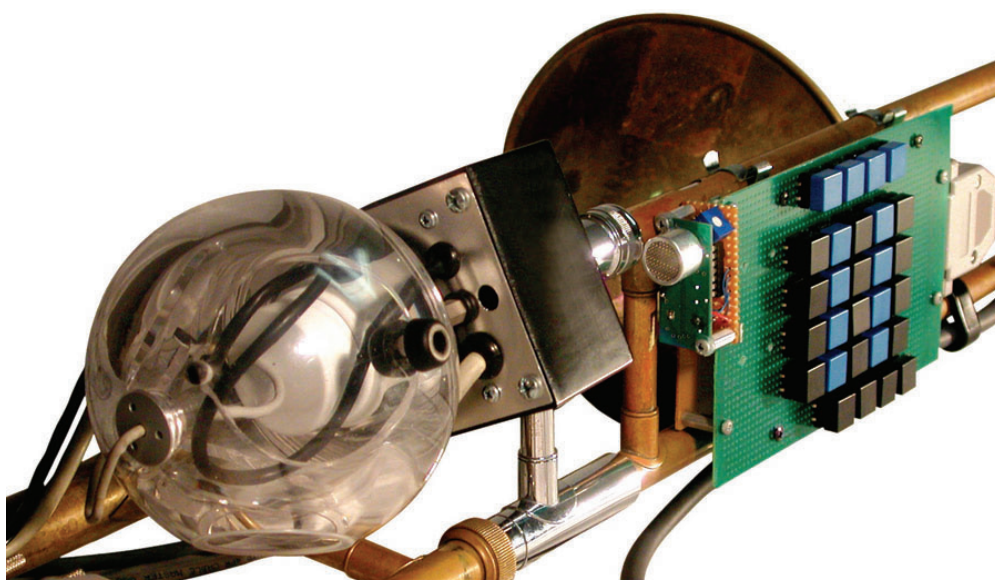
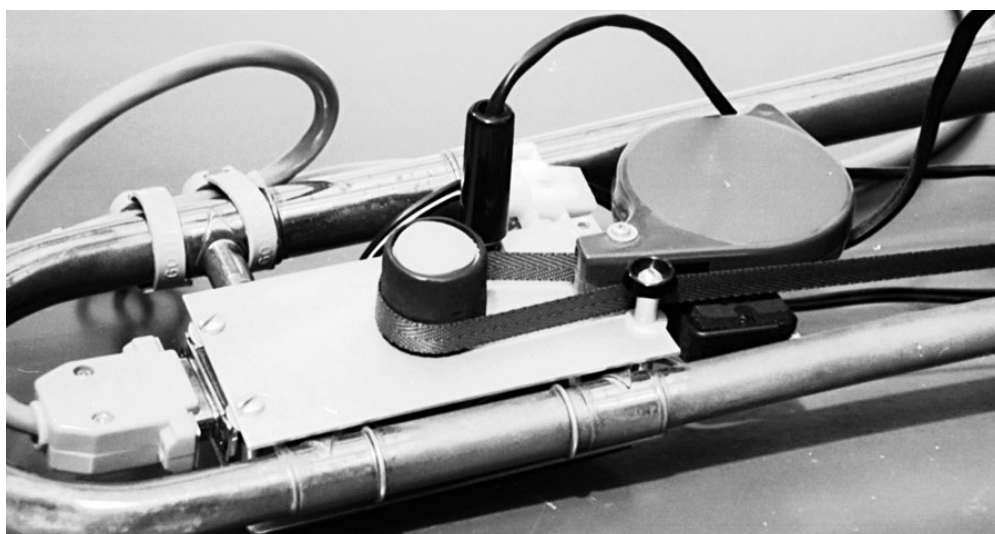


Figura 26
Pormenor da
implementação da
trela de cão retráctil



Double Slide Controller (2009), Tomás Henriques

Este instrumento musical electrónico parte também do trombone de vara, como modelo de concepção, e pretende não só simular a sua acústica como exceder-se à mesma, possibilitando vários tipos de controlo e complemento dos sons produzidos (HENRIQUES, 2009).

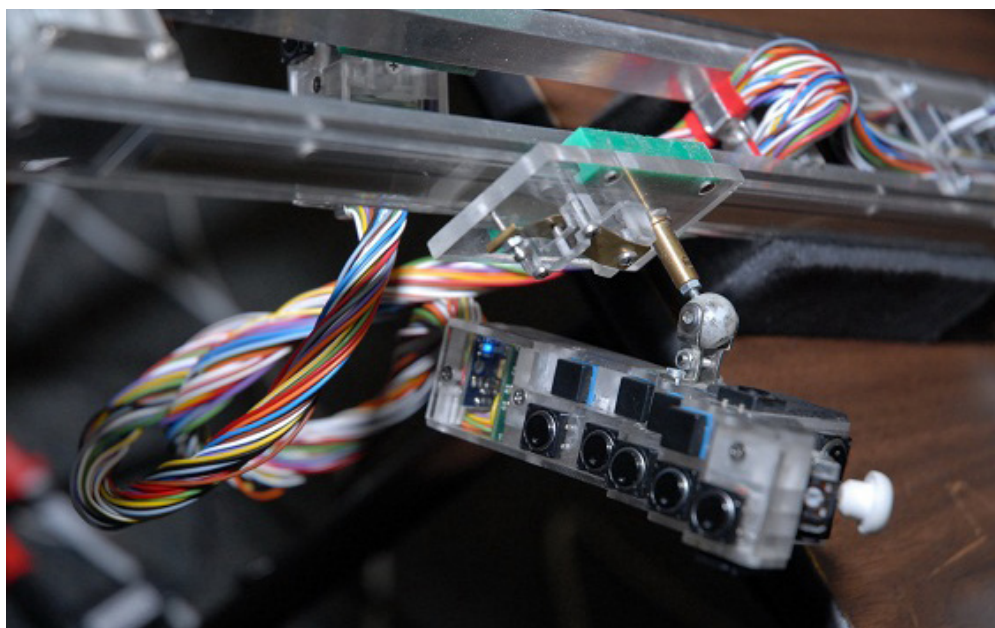
Ilustrado na Figura 27, contém um bocal, que detecta o fluxo de ar e a pressão aplicada pelos lábios, e dois controladores, um para cada mão, acoplados a dois *sliders*, componentes que permitem ao utilizador controlar as suas posições deslizando-os em relação ao corpo do instrumento, mimetizando assim o deslocamento da vara do trombone.

Cada um destes controladores (ver Figura 28) permite ao utilizador vários tipos de interacção — à semelhança dos periféricos de videojogos conhecidos como *joysticks* —, incluindo a rotação independente em dois eixos, controlada pelo pulso, e o uso de botões, controlados individualmente pelos dedos.



Figura 27
Tomás Henriques
com a sua invenção

Figura 28
Pormenor de um
dos controladores
destinados às mãos



Com estes botões dispostos verticalmente, a interface resultante remete para uma fusão entre um trombone e um trompete. A influência do instrumento acústico é bastante presente mas não contém nenhuma parte do mesmo, ao contrário do exemplo de Nicolas Collins.

Por outro lado, à semelhança desse mesmo exemplo, neste instrumento totalmente electrónico foi aproveitado o modo de funcionamento e de interacção possibilitada pelo sistema original para idealizar os vários tipos de controlo a utilizar.

Este projecto mostra como, na concepção de raiz de um objecto, a inspiração na interface de instrumentos existentes ou até mesmo na fusão de várias — ainda que possa não ter sido intencional, a interacção do trompete está também presente — pode resultar em combinações bastante práticas e em tipos de controlo que não seriam possíveis se de um instrumento acústico se tratasse.

AlphaSphere (2013), Adam Place, Liam Lacey e Tom Mitchell

Foi concebido como uma interface táctil de exploração alternativa de sons electrónicos, priorizando a exploração dos sons em si em vez dos símbolos ou notações escritas que os representam. Assumindo uma forma esférica inspirada no *hang* — instrumento metálico criado no ano 2000 pela PANArt Hangbau AG (ver Figura 29) —, este instrumento, apresentado na Figura 30, é composto por uma série de membranas redondas que despoletam um som, quando detectado um toque, e distorcem-no, se aplicada pressão.

Este tipo de interacção foi a verdadeira inovação do projecto e foram experimentados vários tipos de material para as membranas até que se encontrasse uma espécie de borracha à base de silicone que proporcionava a resposta táctil que pretendiam (PLACE, LACEY, MITCHELL, 2014). O material escolhido tem uma composição tal, que a resistência sentida pelo utilizador é congruente com a distorção aplicada. Esta relação entre o *feedback* físico da interface e os sons despoletados torna intuitiva a compreensão do efeito e a utilização do instrumento.

A geração de sons opera baseando-se numa aplicação informática desenvolvida através do Max/MSP, mencionado no Capítulo 3, para processar os dados obtidos do instrumento e reproduzir os sons respectivos. Através desta aplicação, AlphaLive (ver Figura 31), define-se o sistema tonal de afinação, sendo possível optar pelo do próprio *hang*, entre outras escalas predefinidas, ou personalizar cada uma das membranas do instrumento. Para a reprodução de sons é utilizada a norma MIDI, o que torna possível carregar bibliotecas pessoais de *samples* e adicioná-las às já existentes.

Estas possibilidades de personalização são recorrentes mas o método de interacção escolhido revelou-se eficaz e de fácil compreensão, proporcionando ao projecto rápida fama no âmbito da música electrónica e, apesar da sua intenção exploratória, é adoptado também como um instrumento de expressão musical, como é exemplificado na Figura 32.

Figura 29 – esquerda
Hang drum



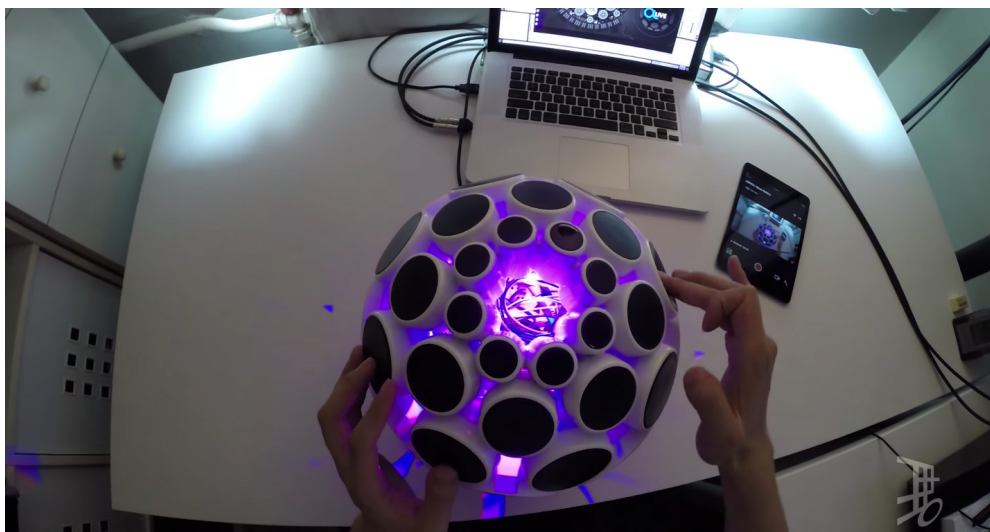
Figura 30 – direita
Versão mais recente
da AlphaSphere



Figura 31
Interface gráfica da
aplicação AlphaLive



Figura 32
Utilização do instrumento
numa performance
por Jason Hou



Capítulo 3

METODOLOGIAS E FERRAMENTAS

Contemplou-se, durante todo o desenvolvimento deste projecto, os princípios do Design de Interação, enunciados na secção do capítulo anterior dedicada a este estudo, tendo como objectivo proporcionar a melhor experiência possível tanto em termos de usabilidade como de concretização da expressão musical.

Considerou-se também importante estudar as várias maneiras de interpretar sinais gerados por sensores electrónicos, assim como apurar a melhor maneira de os interpretar e traduzir na geração de artefactos musicais. Tendo-se verificado a versatilidade de características que podem ser acrescentadas e controladas, decidiu-se explorar essas possibilidades de interação humana com vários tipos de controladores electrónicos existentes.

No entanto, com o intuito de alcançar meios de interação que fossem adequados a este sistema em específico, a concepção dos mesmos não se resumiu à utilização de sensores pré-fabricados, tendo-se procedido à integração dos sensores em objectos singulares, únicos a este projecto, adicionando características físicas e mecânicas.

Para se poder contornar a barreira imposta pelos instrumentos musicais convencionais, é indispensável estudar os princípios impostos pela teoria musical e averiguar que tipos de restrições se devem fazer. É importante balancear esta implementação de maneira a oferecer um número adequado de possibilidades para que não seja nem demasiado limitado nem demasiado difícil de compreender.

Assim, com base num conjunto de regras e limitações definidas, concebeu-se uma interface que permite ao utilizador interagir com a aplicação de modo eficiente. Procurou-se encontrar um equilíbrio que permita uma experiência satisfatória: num cenário ideal o utilizador conseguirá controlar a música produzida sem ter de se preocupar com os conceitos teóricos envolvidos.

É de notar que, considerando-se o aluno incluído no público alvo do projecto, muitas das decisões que implicaram alterações na usabilidade do objecto foram tomadas tendo em conta a sua própria experiência com o mesmo. No entanto, a execução de testes de usabilidade motivou outras alterações neste domínio com o propósito de universalizar a eficiência com que o projecto cumpre os objectivos.

As ferramentas e plataformas utilizadas no desenvolvimento deste trabalho atenderam ao estudo levantado no capítulo anterior e às conclusões que suscitou.

Para a interacção com o utilizador, decidiu-se que a maneira mais adequada de alcançar os objectivos seria através da concepção de um protótipo físico, fazendo uso de várias interfaces que permitissem o controlo simultâneo de diferentes aspectos do som. Desse modo, previu-se o uso de vários tipos de sensores, para recolher informação das interacções, e o uso de uma placa Arduino para a interpretação de sinais desses componentes electrónicos e comunicação dos mesmos com a aplicação.

Para o desenvolvimento do suporte digital, encarregado de traduzir os dados dos sensores na geração de som, foram empregues algumas ferramentas já existentes: o Processing para comunicação com o Arduino e para a realização das componentes gráficas e computacionais da aplicação; o Max/MSP para a produção de som. Durante o desenvolvimento surgiu a necessidade de substituir o Max/MSP pela norma MIDI. Segue-se uma breve descrição de cada uma destas ferramentas.

Sensores

Por sensores entendem-se objectos que detectam alterações no meio através de grandezas físicas e as traduzem em sinais electrónicos, sejam eles analógicos ou digitais, para que possam ser posteriormente lidos por um instrumento.

Arduino

Começado em 2005, é “uma plataforma de prototipagem *open source* baseada em *hardware* e *software* fáceis de usar. As placas Arduino são capazes de ler *inputs* — luz num sensor, um dedo num botão, ou uma mensagem no Twitter — e convertê-los em *outputs* — activar um motor, ligar um LED (...) Nasceu no Ivrea Interaction Design Institute como uma ferramenta para prototipagem rápida, destinada a estudantes sem experiência em electrónica e programação. (...)” (ARDUINO AG, 2017).

Processing

Concebido por Casey Reas e Benjamin Fry em 2001, é “uma linguagem de programação *open source* para quem pretenda programar imagens, animação e som. É utilizada por estudantes, artistas, designers, arquitectos, investigadores e amadores para aprendizagem, prototipagem e produção. Foi criada para ensinar os fundamentos da programação de computadores num contexto visual e para servir como um *software* de esboços e como uma ferramenta profissional de produção. (...)” (FRY, REAS, 2016).

Max/MSP

É um ambiente de programação visual para desenvolver aplicações multimédia interactivas, cujo conceito assenta num fluxo de dados. A análise e manipulação desses dados é feita através da utilização de módulos, com funções predefinidas, que se podem mover num espaço bidimensional e que podem comunicar entre si. Este tipo de visualização facilita a ligação de funções em cadeia e a compreensão do panorama geral da implementação.

MIDI (Musical Instrument Digital Interface)

Trata-se de uma norma desenvolvida para a interpretação de notas musicais. Abrange um protocolo específico para interfaces digitais e é utilizado para comunicar entre dispositivos multimédia, nomeadamente, instrumentos musicais electrónicos.

Capítulo 4

PLANO DE TRABALHO

Foi delineado um plano de trabalho, definindo e calendarizando as tarefas necessárias à realização de cada fase de desenvolvimento, com o intuito de organizar o fluxo de trabalho e permitir um processo de desenvolvimento eficiente.

Neste capítulo apresenta-se não só essa planificação inicial, como também uma análise sobre a sua concepção e o seu cumprimento, tópicos divididos nas secções que se apresentam em seguida.

Definição das Tarefas

São identificadas as tarefas bem como os meses nos quais a sua execução foi programada. As tarefas realizadas antes da elaboração do plano que se apresenta, fizeram parte de uma programação inicial onde as mesmas estavam previstas.

Representação Gráfica

Representa-se, através de um diagrama de Gantt, o planeamento e o desempenho de cada uma das tarefas.

Adversidades

Analisa-se o cumprimento do plano de trabalho, enfatizando os casos em que não foi cumprido. Especificam-se ainda as razões pelas quais se diverge do planeamento e as decisões tomadas para o compensar.

4.1 Definição das Tarefas

Definição da Proposta:

Setembro 2014 — Janeiro 2015

Setembro 2015 — Outubro 2015

1. Definição dos objectivos
2. Estudo das áreas de intervenção
3. Definição do Estado da Arte
4. Planeamento do projecto

Teoria Musical:

Fevereiro 2015 — Abril 2015

1. Estudo dos princípios da teoria musical
2. Definição dos métodos para incluir os conceitos no sistema

Aplicação:

Fevereiro 2015 — Junho 2015

Setembro 2015 — Julho 2016

1. Estudo das ferramentas
2. Implementação da comunicação entre as ferramentas, da aplicação dos conceitos teóricos e da interface gráfica da aplicação

Interfaces:

Outubro 2014 — Maio 2015

Setembro 2015 — Dezembro 2015

1. Experiências de interacção entre as pessoas e som
2. Estudo teórico-prático e experimental com vários componentes electrónicos
3. Construção das interfaces a utilizar no protótipo

Nota: A execução de algumas destas tarefas teve lugar também durante o período de revisão do protótipo, tarefa mencionada de seguida.

Protótipo:

Maio 2015 — Junho 2015 e Agosto 2015

Outubro 2015 — Janeiro 2016 e Março 2016 — Julho 2016

Setembro 2016 — Dezembro 2016

1. Construção do instrumento convergindo as interfaces
2. Revisão do protótipo tendo em conta os processos de avaliação

Testes de Usabilidade

Julho 2015

Março 2016 e Julho 2016

1. Implementação e avaliação de testes de usabilidade

Conferência IHCI 2016

Abril 2016, Maio 2016 e Julho 2016

1. Submissão do *paper*
2. Revisão do *paper*
3. Apresentação

Escrita

Dezembro 2014 — Janeiro 2015 e Julho 2015 — Agosto 2015

Março 2016 — Agosto 2016

Setembro 2016 — Fevereiro 2017 e Junho 2017

1. Escrita do presente documento

Registo

Novembro 2016 e Janeiro 2017 — Fevereiro 2017

1. Documentação audiovisual da utilização do instrumento
2. Edição dos vídeos

Divulgação

Fevereiro 2017 e Maio 2017

1. Divulgação do projecto

Entrega

Julho 2017

1. Submissão do presente documento e defesa final do projecto

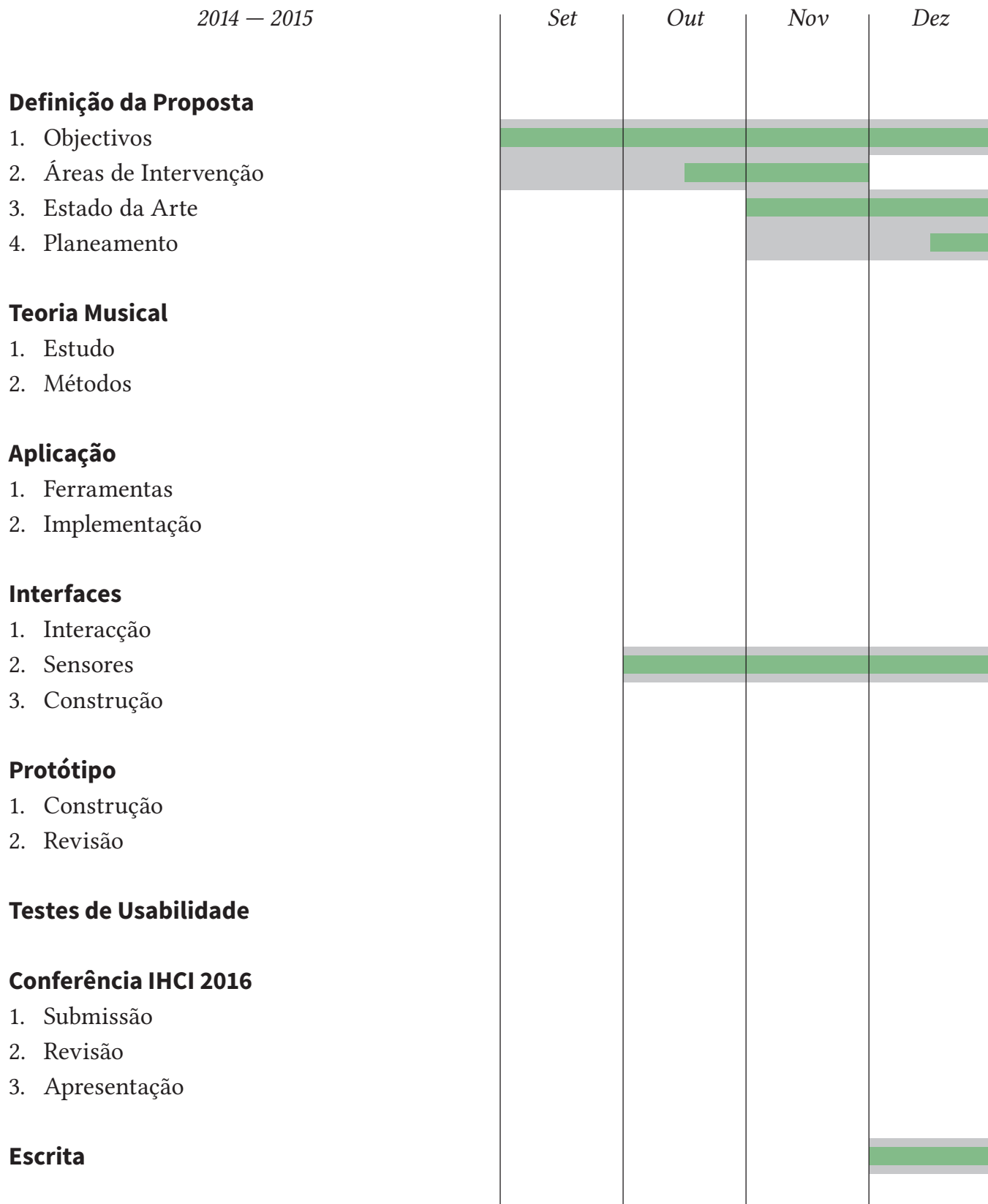
4.2 Representação Gráfica

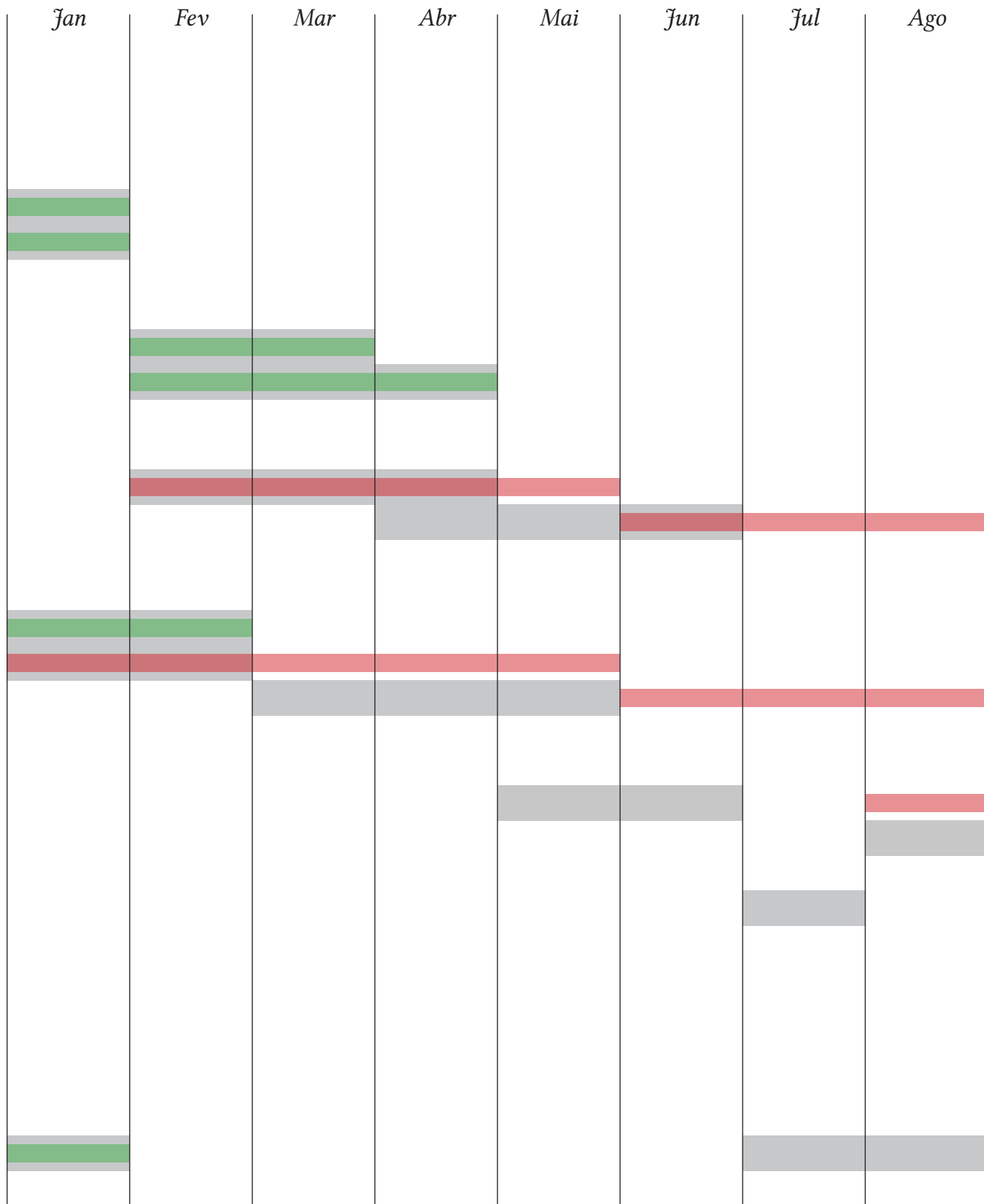
Para ilustrar a planificação preparou-se um diagrama de Gantt, por ser uma ferramenta gráfica que ilustra a distribuição das tarefas segundo os intervalos de tempo considerados, permitindo modelar a planificação do projecto.

As tarefas são dispostas verticalmente e a respectiva progressão no tempo, neste caso em meses, representa-se horizontalmente, surgindo, então, rectângulos que representam os períodos dedicados a cada tarefa.

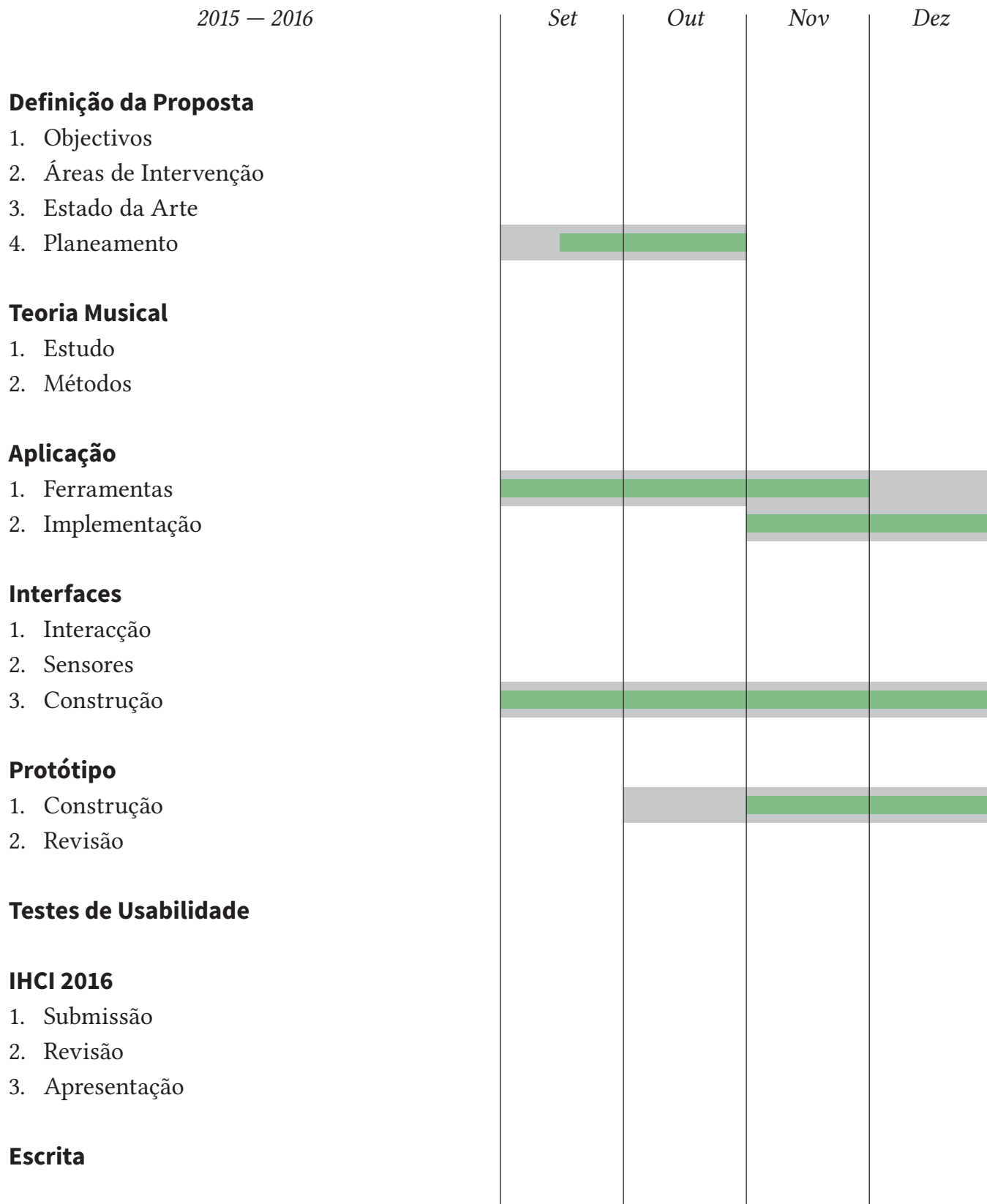
Para representar tanto a planificação como a execução da tarefa, os rectângulos assumem cores diferentes. A cinzento estão representados os momentos predestinados a cada tarefa e a cores — verde e vermelho — a sua realização: a verde representam-se os períodos em que a execução tenha cumprido a planificação e a vermelho aqueles em que não correspondeu aos limites estabelecidos.

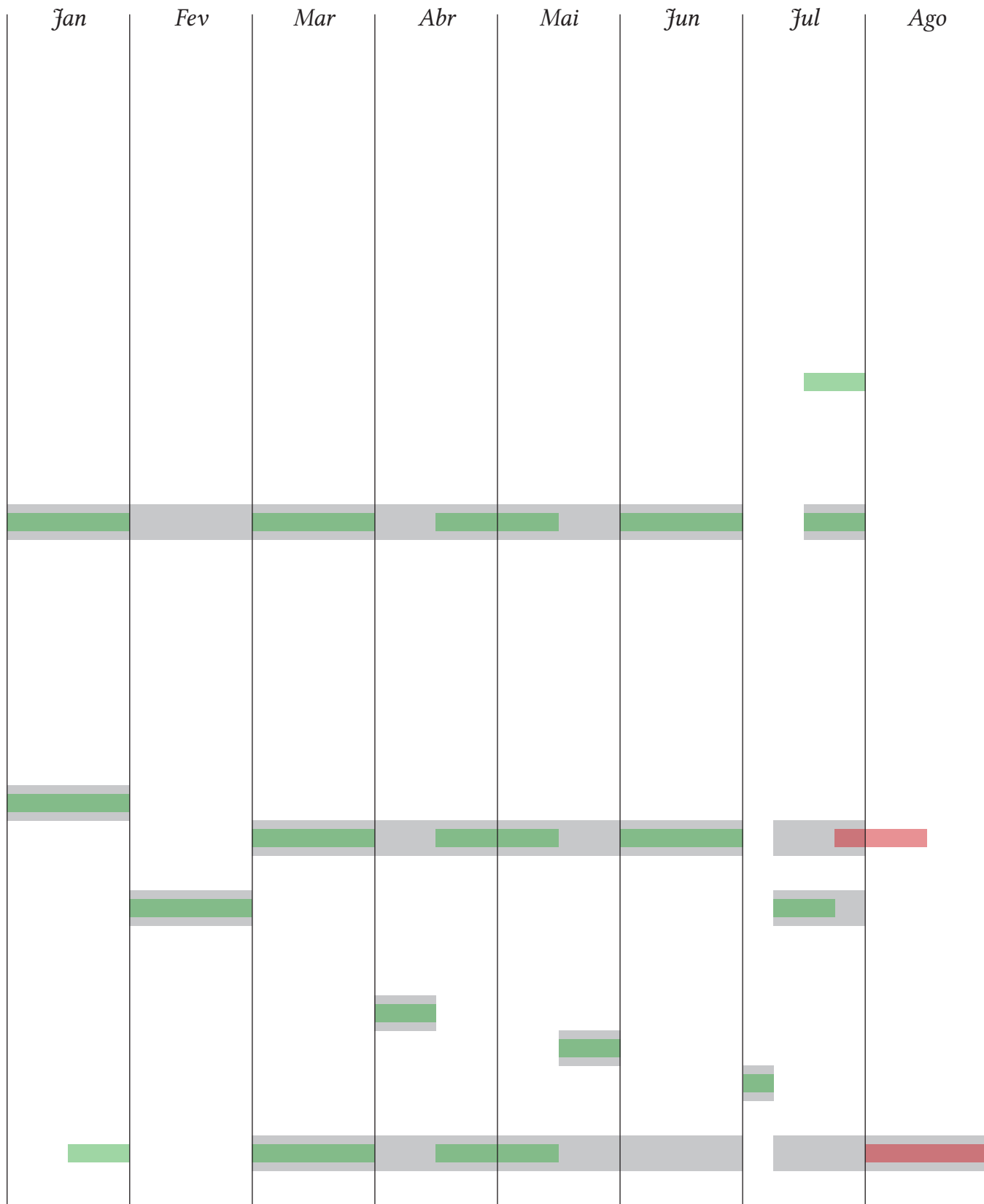
2014 — 2015

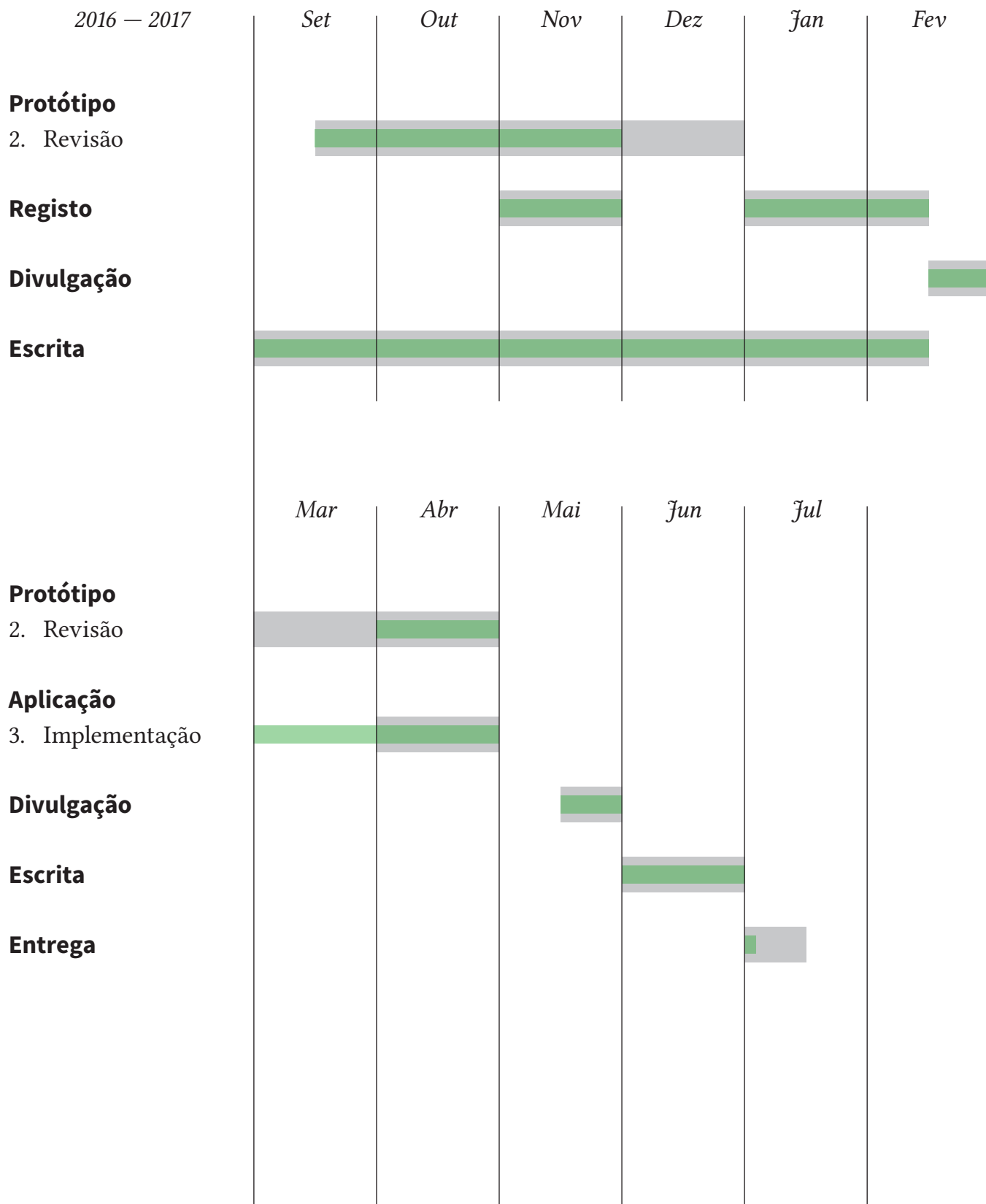




2015 — 2016







4.3 Adversidades

Na aprendizagem de novas ferramentas nem sempre é fácil de prever o tempo é necessário para atingir determinado objectivo, precisamente por não se conhecer a ferramenta. Para além disso, com a exploração de uma ferramenta pode-se chegar à conclusão que esta não é a mais adequada, e é necessário admiti-lo em prol do projecto.

Foi o caso da ferramenta Max/MSP que, devido às características do projecto, estava a ser utilizada apenas como um sintetizador. Ora, a criação de um sintetizador não era um objectivo e a sua utilização seria bastante limitadora quando comparada com a de *software* disponível concebido para esse efeito. Decidiu-se, portanto, abandonar o Max/MSP e utilizar um sintetizador já existente, o que implicou o estudo e a aprendizagem de novas ferramentas visando a comunicação com o mesmo.

Ademais, na concepção de interfaces físicas por vezes são necessárias peças com características específicas. A aquisição das peças que compõem o protótipo final exigiu a dispensa de mais tempo do que se esperava tanto em pesquisa como em espera, nos casos em que as peças tiveram de ser encomendadas.

Apesar de terem sido vários os componentes nesta situação, o caso em que o tempo real necessário à sua aquisição foi significativamente além do previsto foi o das molas da interface de toque. A sua oferta em estabelecimentos locais demonstrou ser bastante escassa e, devido ao parco contacto prévio com este tipo de objectos, era necessário que se experimentasse cada exemplar a adquirir. Como é descrito no próximo capítulo, a descoberta de molas compatíveis foi difícil e suscitou vários momentos extraordinários de pesquisa e de espera.

As dificuldades verificadas na realização destas tarefas atrasaram outras fases de desenvolvimento e o projecto foi considerado imaturo na calendarização prevista inicialmente para a sua conclusão. Apesar de o projecto estar bem definido e teoricamente bem fundamentado, entendeu-se podiam ser feitas melhorias na sua implementação, pelo que se decidiu estender a sua realização para o ano lectivo 2015 – 2016.

Inicialmente não se considerou que seria necessário um acréscimo de doze meses para concluir o projecto. Porém, tendo surgido a oportunidade de apresentar a dissertação numa conferência dedicada à Interação Humano-Computador em Julho de 2016, considerou-se importante sujeitar à discussão da comunidade científica internacional os resultados até então obtidos e colher o respectivo *feedback*, com o duplo intuito de aprofundar e valorizar este trabalho, bem como a formação técnico-científica do autor. Deste modo, ajustou-se o plano de trabalho para que terminasse em Setembro de 2016 e contemplasse esta experiência.

No entanto, este prazo não foi cumprido. A conferência suscitou alterações não esperadas mas que se consideraram enriquecedoras para um projecto como este, com um forte pendor experimental. Dessas alterações decorreram novas tarefas, e conseqüentemente a redistribuição da carga de trabalho, do que resultou um atraso no processo de escrita.

Com a extensão do prazo de conclusão, melhorou-se ainda a estabilidade do instrumento, tarefa encarada até então como sugestão de melhoria, e foi possível enriquecer o projecto com tipos de validação complementares, como a produção de registos da utilização do instrumento em vários ambientes artísticos.

Capítulo 5

DESENVOLVIMENTO

Tendo em vista as várias ferramentas envolvidas no desenvolvimento do projecto e a necessidade de as estudar paralelamente, optou-se por apresentar este capítulo segmentado pelas diferentes áreas de estudo.

As decisões tomadas no âmbito da ordem cronológica dos diferentes passos está reflectida no Plano de Trabalho presente no capítulo anterior.

As categorias designadas são apresentadas em baixo.

Teoria do Som e da Música

Estudo da ciência que rege o som e a construção musical, enunciação dos controlos a oferecer e das restrições a impor.

Desenvolvimento de Interfaces

Análise de componentes electrónicos visando a definição da interacção e implementação dos mesmos em interfaces físicas.

Concretização do Instrumento

Apresentação do processo de convergência das ferramentas anteriormente estudadas no objecto musical que define o projecto.

Computação da Música

Criação de estruturas que implementem aspectos teóricos musicais e de algoritmos que traduzam os sinais electrónicos em criações musicais segundo os parâmetros decididos.

5.1 Teoria do Som e da Música

Para o desenvolvimento de um sistema que produza sons com diferentes características é importante perceber previamente o que pode efectivamente ser controlado.

Com esse fim, elaborou-se um estudo teórico focando os aspectos do som e, posteriormente, da música, que foram considerados relevantes para a execução do projecto.

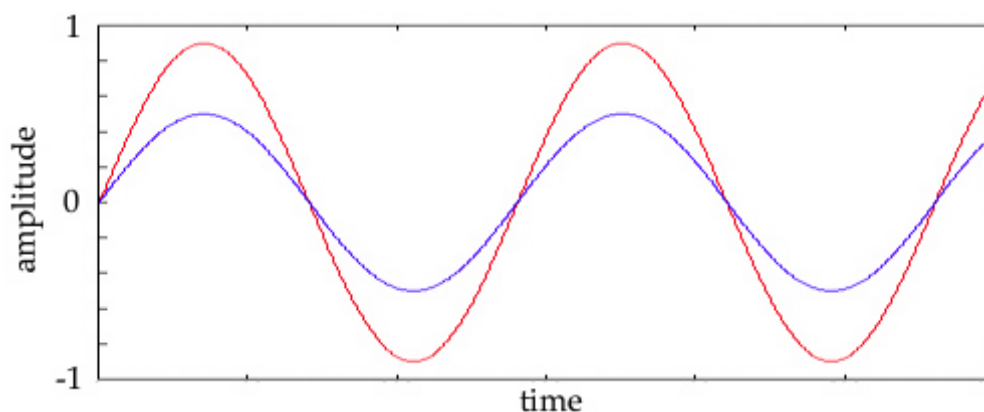
5.1.1 Som

O som é a sensação auditiva despoletada pela propagação de oscilações de vibrações mecânicas, a que se dá o nome de ondas sonoras e que podem ser representadas pela sua amplitude, frequência e timbre (BURK et al., 2011), conceitos explicados seguidamente.

Amplitude

Refere-se à amplitude máxima de uma onda sonora. Medida geralmente em decibéis, é a propriedade que nos dá a sensação de volume. Ilustrando num gráfico que mede horizontalmente o tempo e verticalmente a amplitude, a Figura 33 apresenta duas ondas com amplitudes diferentes.

Figura 33
Duas ondas com
diferentes amplitudes



Frequência

É, matematicamente, o número de vezes que uma onda se repete num determinado tempo. Normalmente medido em hertz (Hz), representa a velocidade a que a vibração acontece. No mesmo tipo de representação da figura anterior, a Figura 34 apresenta duas ondas com a mesma amplitude mas com frequências diferentes.

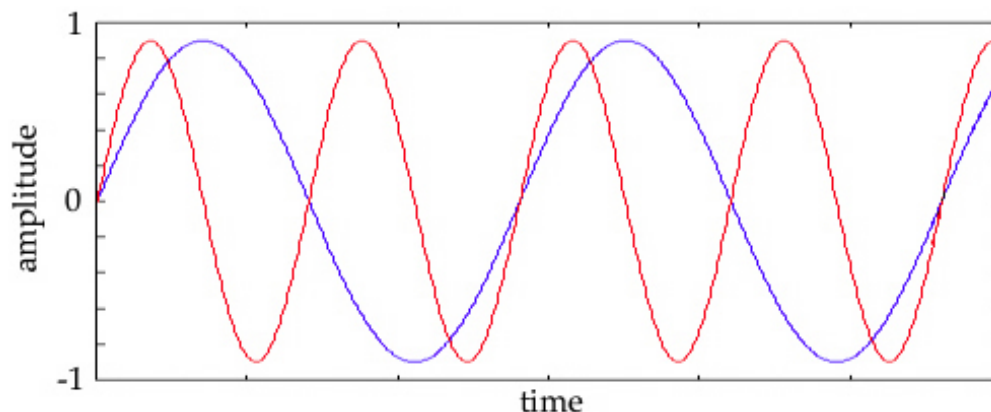


Figura 34
Duas ondas com
diferentes frequências

Timbre

O timbre pode ser definido como um conjunto de qualidades de um som que nos permite distinguir vozes de diferentes pessoas assim como sons de diferentes instrumentos (BURK et al., 2011).

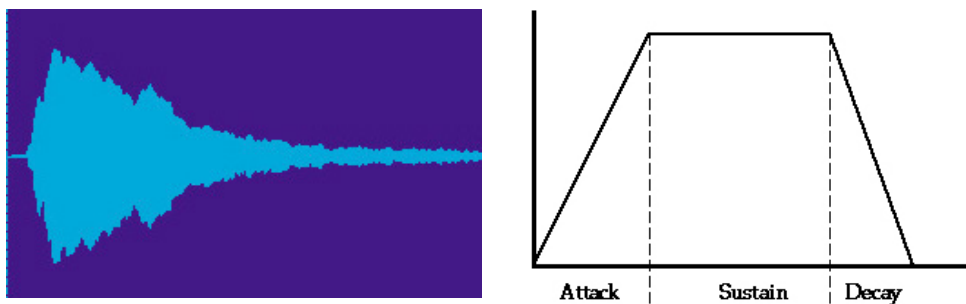
É um conceito bastante complexo, pela sua subjectividade, que caracteriza um som composto por várias ondas, normalmente sinusoidais, com diferentes valores de amplitude e frequência. Na definição de um timbre, as suas qualidades mais relevantes são o espectro e o envelope, explicadas de seguida.

O espectro representa o agregado de ondas sinusoidais, como as da Figura 33 e da Figura 34, que compõem um determinado som, como o da Figura 35 da próxima página.

O envelope caracteriza-se pela forma envolvente das ondas desse agregado e permite-nos avaliar a evolução de um som ao longo do tempo através de características como ataque, sustentação e declínio — do inglês, *attack*, *sustain* e *decay*, respectivamente –, ilustradas na Figura 36 da página seguinte de um modo simplificado (BURK et al., 2011).

Figura 35
Representação das ondas
que compõem a gravação
do som de um trompete

Figura 36
Envelope simplificado
de um som



5.1.2 Música

As características amplitude e frequência são aplicadas na música através dos conceitos de intensidade e altura, respectivamente. Como aspectos que diferenciam a música de outros tipos de som (como é o caso do ruído), é importante destacar a restrição do timbre, a organização tonal, a nível de altura — as escalas —, e organização a nível da duração dos sons — o ritmo.

Cada uma das características enunciadas foi analisada para que se pudesse estabelecer o que é passível de ser controlado e o que deve ser predeterminado, visando os objectivos do projecto.

Intensidade

É a característica que interpretamos como o volume. A sua variação define a dinâmica de uma música, a qual desempenha um papel fundamental na expressividade musical.

A dinâmica ao longo de uma composição é geralmente referida pelos seguintes termos, por ordem crescente de intensidade: *pianississimo*, *pianissimo*, *piano*, *mezzo-piano*, *mezzo-forte*, *forte*, *fortissimo* e *fortississimo* (FEEZELL, 2011). Esta notação é apenas a norma e alguns compositores saem desta escala quando sentem necessidade de exprimir valores de intensidade mais extremos, como é o caso de Tchaikovsky na sua peça 1812 Overture. Estes valores são relativos, servindo apenas de referência e os valores exactos utilizados nas dinâmicas dependem do intérprete.

Em última análise, a intensidade é um aspecto que por si só não tem influência na categorização de um som como música. Um som não deixa de se enquadrar numa música por ser tocado com mais ou menos intensidade e, como tal, não há a necessidade de impor qualquer restrição.

Timbre

Em música, grande parte dos sons produzidos caracterizam-se por terem no seu espectro uma frequência fundamental. As restantes frequências presentes são múltiplos inteiros da frequência fundamental, ainda que aproximadamente, formando assim uma série harmónica (LEVITIN, 2006, pp. 40-41).

Por exemplo, ao tocar uma corda de uma guitarra a vibração que esta assume é complexa e descreve esse padrão (HEWITT, 2008, p. 8), ilustrado na Figura 37. Podemos observar uma onda com menor frequência e maior amplitude (frequência fundamental) e a série harmónica resultante.

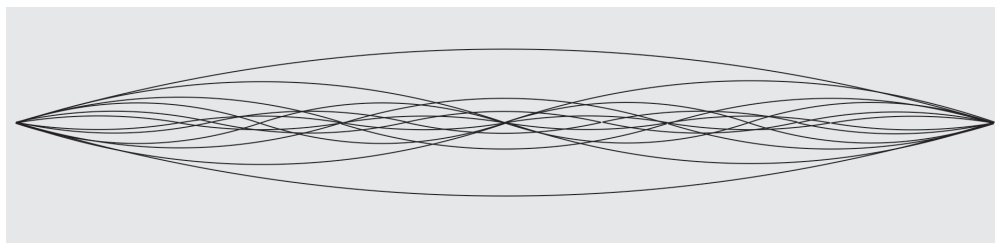


Figura 37
Representação gráfica
das diferentes vibrações
numa série harmónica

Descrito muitas vezes como a textura do som, o timbre é uma característica dificilmente controlável num instrumento acústico, embora num instrumento musical electrónico esse controlo seja possível.

Duração e Ritmo

A duração corresponde ao espaço de tempo em que as frequências das ondas sonoras são audíveis. Na construção musical pode servir não só para destacar apontamentos melódicos como para diferenciar ritmos mais acelerados de ritmos mais lentos.

Esta distinção é concretizada através da duração de cada nota e

a sua variação depende do que se quer transmitir, como podemos observar nos diferentes estilos musicais.

A velocidade na música, ou andamento, é definida em batidas por minuto e afecta a duração de todas as notas de uma composição. O compasso de uma música é uma forma de organizar ritmicamente os sons de acordo com um batimento regular que define tempos ditos fortes e fracos.

Estes batimentos regulares são o que permite que vários músicos possam tocar em simultâneo de forma sincronizada. São ainda elemento fundamental da escrita usando notação musical.

No entanto, é frequente cada músico dar a sua interpretação pessoal à música, variando ligeiramente o tempo em determinadas partes da composição. Na verdade, é impossível um músico não sair do tempo, mesmo que o tente evitar, ao ponto de, em *software* de geração computadorizada de música, ser recorrente a implementação de funções que fazem pequenos desvios do tempo para que as suas interpretações pareçam mais “humanas” (BECK, 2012), sendo estes desvios considerados uma componente crítica na performance musical (DAVIES et al., 2013).

Por possibilitar estas alterações expressivas durante uma interpretação e por se considerar que a aplicação do conceito de ritmo é um processo bastante intuitivo, supramencionado no Capítulo 1, entendeu-se que não se iriam impor quaisquer limitações nas durações das notas. Oferecer-se-ia apenas, para além da escolha do momento em que surge a criação de um som, a escolha do momento em que este se extingue.

Altura e Escala

Na música, os sons categorizam-se pela sua frequência fundamental, a que se dá o nome de altura. A sua variação representa aquilo a que chamamos “tom” e que classificamos como grave e agudo para sons com menor e maior frequência, respectivamente.

Uma escala é uma sequência de tons ordenados pela sua altura, cujas diferenças definidas entre cada nota — a que se dá no nome de intervalos — nos permite tocar sons que combinam em música.

Estas duas características são então os campos em que é necessário actuar para que o sistema possa ser utilizado por alguém que não tenha um conhecimento extenso de teoria musical; caso contrário é necessário conhecer os vários tipos de escala, os padrões de intervalos de cada uma e as suas notas para cada tom em que a escala pode ser aplicada, conceitos que serão abordados de seguida.

5.1.3 Definição de restrições

Esta subsecção destina-se à descrição da aplicação teórica dos conceitos abordados na subsecção anterior em que se verificou que teriam de ser impostas limitações: alturas de notas e escalas.

Tendo em conta a complexidade destes conceitos, foi realizado um estudo aprofundado para se perceber de que maneira essas restrições podem ser implementadas.

Durante esta pesquisa foram abordados vários sistemas musicais, mas decidiu-se que a implementação focar-se-ia apenas na música ocidental, o sistema europeu clássico, por ser o mais abrangente e difundido, como se pode concluir no estudo apresentado.

Intervalo

A altura de uma nota é grande parte das vezes percebida por comparação com uma outra altura.. O ser humano tende a reconhecer relações relativas e não valores físicos absolutos de frequência. Tais relações essas que são logarítmicas na sua relação (BURK et al., 2011).

Ou seja, percebemos intervalos musicais não como o valor da diferença entre duas frequências, mas sim o rácio entre elas. Se ouvirmos dois pares diferentes de notas que partilhem o mesmo rácio de frequências, identificamos o mesmo intervalo de alturas. (HASS, 2013)

Oitava

Para além disso, o ser humano organiza o espectro de frequências em valores com potências de 2. Muitos teóricos acreditam que essa associação especial que fazemos, entre alturas cujos valores de frequência tenham um rácio de 2:1, é de algum modo inata na nossa percepção, apesar de ser difícil de o provar. (BURK et al., 2011)

Certo é que esta relação está presente em quase todas as culturas musicais, sendo alguns grupos aborígenes australianos as únicas exceções conhecidas. (KRUMHANSL, 1990, p. 51)

A este rácio especial foi dado o nome de oitava pela música ocidental, que também o reconhece e o usa para relacionar duas notas, dando-lhes o mesmo. Ou seja, se a altura cuja frequência mede 440 Hz for um Lá, então frequências 880 Hz e 1760 Hz também correspondem a Lá, assim como as frequências 220 Hz, 110 Hz, 55 Hz, e assim sucessivamente.

As escalas heptatónicas (constituídas por sete tons), de que a música ocidental faz uso, repetem-se a partir da oitava nota, que tem o mesmo nome que a primeira. O rácio entre essas duas frequências é então de 2:1 e, sendo a segunda nota considerada musicalmente a “oitava” da primeira nota, ficou esse o termo utilizado para essa proporção quando se comparam duas frequências em qualquer campo de estudo. Este conceito é ilustrado na Figura 34 na página 64, que retrata duas frequências que formam uma oitava.

Tom

Na música, na língua portuguesa, tom é um termo com várias conotações, cuja ambiguidade é importante clarificar. Se estivermos a falar do tom de uma nota, referimo-nos à sua altura (exemplo: Dó, Ré, Mi, etc.). Se falarmos do tom de uma música, é o tom em que se constrói a escala da música (primeira nota da escala). Se nos referirmos a intervalos entre alturas de notas, um tom é uma medida que equivale a dois semitons, a menor unidade utilizada para medir intervalos na música ocidental.

Como já foi referido, as alturas das notas são nomeadas não pelos valores de frequência mas pela sua relação com outras frequências.

Como é um conceito relativo, faz-se uma correspondência entre um tom e uma frequência, a partir da qual são ditados todos os outros tons. A norma é corresponder o tom Lá a um valor de frequência compreendido entre 440 Hz e 444 Hz, mas há outras práticas e, teoricamente, qualquer tom e frequência podem ser utilizados.

Também já mencionado, os nomes dos tons repetem-se para cada oitava. As práticas da música ocidental dividem cada oitava em doze intervalos iguais, medida a que se dá o nome de semitom.

Os nomes dos tons resultantes desta divisão (aqui tom refere-se à altura da nota e não ao intervalo entre as notas) centram-se em sete tons principais – os tons naturais – que, na oitava de Dó a Dó (em que o primeiro intervalo começa num Dó e o último intervalo acaba no Dó seguinte), se distribuem da seguinte forma:

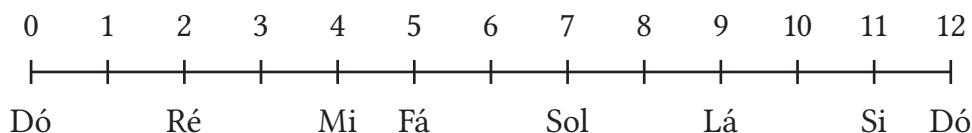


Figura 38
Tons da escala de Dó Maior

Como se pode observar, nem todos os tons naturais têm o mesmo intervalo entre si. Para dar o nome aos restantes tons utilizam-se, em conjugação com os nomes dos tons naturais supramencionados, os termos bemol e sustenido, quando nos queremos referir a tons que são um semitom mais grave ou um semitom mais agudo, respectivamente.

Em alternativa, pode-se utilizar o símbolo \flat em vez do termo bemol e \sharp em vez de sustenido (RANDEL, 2003, pp. 4-5), como apresentado em baixo:

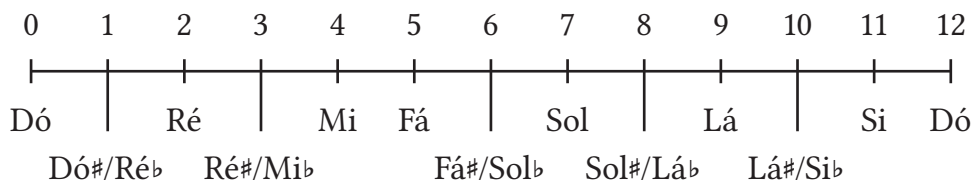


Figura 39
Tons de uma oitava

É importante referir também que, regra geral, não reconhecemos frequências exactas dos sons da mesma maneira que conseguimos reconhecer cores. Aquilo que distinguimos é a relação entre as notas.

O termo musical atribuído a este fenómeno é a transposição: ouvimos duas melodias da mesma maneira se as relações entre as suas notas forem as mesmas, independentemente dos tons específicos (BURK et al., 2011). Apesar de existirem pessoas com ouvido absoluto, a aptidão de reconhecer tons pela sua frequência mesmo quando fora de contexto, estes são casos bastante raros (DEUTSCH, 2006).

Deste modo, neste projecto é importante que seja implementada a norma utilizada para corresponder as notas, para que a afinação seja a mesma utilizada na grande maioria das músicas e dos instrumentos musicais.

Escala

Uma escala é, em música, um conjunto de tons ordenados por altura (seja por ordem crescente ou decrescente). É definida, na música ocidental, por um tom central e uma tonalidade, que rege as relações entre esse tom e os restantes tons. (ALDWELL, SCHACHTER, CADWALLADER, 2011, p. 35)

A tonalidade dita as diferenças de tons que podem ser utilizadas, com o intuito de determinar funções para esses tons, em relação com o tom central. Por exemplo, a tonalidade Maior quando aplicada no tom Dó resulta nos tons apresentados na Figura 38 da página anterior. Como se pode observar, esta tonalidade dita que os tons a utilizar distam do tom central em 2, 4, 5, 7, 9 e 11 semitons, repetindo-se para todas as oitavas. Se este padrão de intervalos, específico para esta tonalidade, fosse aplicado noutra tom, a escala resultaria em tons diferentes mas que teriam necessariamente a mesma distância a esse tom central.

As tonalidades mais utilizadas na música ocidental, abrangendo a grande maioria das músicas são as escalas maiores e menores, que podem ser naturais, harmónicas ou melódicas (ALDWELL, SCHACHTER, CADWALLADER, 2011).

Neste projecto decidiu-se então que se iriam impor estas seis tonalidades, cuja aplicação garante que os tons tocados pelo utilizador soam bem entre si e que as melodias vão evoluir na escala da maneira pretendida.

No entanto, por vezes os músicos preferem sair deliberadamente da escala para criar momentos de tensão através das chamadas *off notes* ou *blue notes*. Estas notas são tocadas num tom ligeiramente diferente, desviando-se normalmente entre um semitom e um quarto de tom. (FINK, RICCI, 1975, p. 60)

Para permitir essas variações na expressividade, previu-se a implementação de pequenas distorções que se podem aplicar nos tons, à semelhança do que se pode alcançar ao acrescentar tensão nas cordas de um cordofone.

Decidiu-se que se ofereceria a possibilidade de aplicar as tonalidades em qualquer tom, para garantir a maior versatilidade possível. Deste modo torna-se possível acompanhar qualquer música que tenha sido composta numa das tonalidades oferecidas.

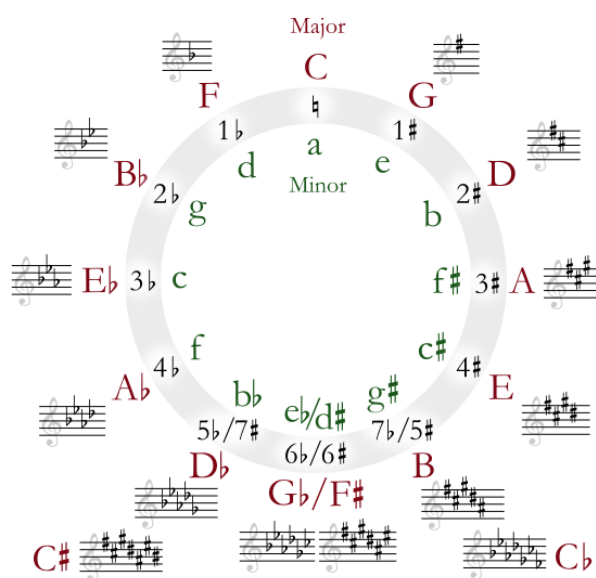
Quanto aos tons a que se podem atribuir dois nomes — como é o caso dos sustenidos e bemóis apresentados na Figura 39 na página 70 — tratam-se de equivalentes enarmónicos. (ALDWELL, SCHACHTER, CADWALLADER, 2011, p. 14)

A mesma tonalidade aplicada em dois tons enarmónicos resulta em escalas que são exactamente iguais, sonoramente, mas cujos nomes dos tons são diferentes. Esta particularidade provém da convenção do sistema ocidental que dita que numa escala todos os tons têm nomes diferentes: se uma escala contém os tons Ré e Ré#, estes são referidos como Ré e Mi^b ou, no caso mais estranho, Dó## e Ré#.

Casos como este último, que resultam em denominações mais complexas para os tons da escala, costumam ser evitados. Na definição de uma escala, entre dois equivalentes enarmónicos prefere-se o que implica a utilização de menos sustenidos/bemóis.

Para saber qual o tom que se deve escolher, podemos usar o Círculo de Quintas, também conhecido como Ciclo de Quintas, apresentado na Figura 40. Apesar de não ser o seu único propósito, este esquema dispõe os tons por ordem de número de bemóis e sustenidos necessários numa escala cuja tonalidade seja a Maior ou a Menor (DUCKWORTH, 2015).

Figura 40
Círculo de Quintas
(tradução para a
notação portuguesa
na página 132)



Acordes

No decorrer do projecto, decidiu-se restringir o número de tons disponíveis e, conseqüentemente, surgiu a necessidade de segmentar as notas de cada escala.

Para facilitar a construção das melodias, optou-se por agrupar os tons por acordes, que são conjuntos de notas que harmonizam especialmente bem, devido aos intervalos entre si. Os acordes básicos são formados por tríades, que são grupos de três tons: o tom base, a que se chama a tónica do acorde, um intervalo de uma terceira e um intervalo de uma quinta. (ALDWELL, SCHACHTER, CADWALLADER, 2011, p. 47)

Desta forma pretende-se calcular sete acordes para cada escala, os acordes básicos da sua progressão, a partir dos sete tons da mesma. Entende-se que para cada momento o utilizador escolha um acorde e que toque os seus tons em simultâneo ou em arpejo. A progressão na melodia pode ser feita transitando entre acordes.

Ao calcular o acorde, dependendo dos intervalos obtidos para a terceira e quinta, o acorde pode ter qualidades diferentes. Atendendo às tonalidades implementadas, podem-se obter tríades maiores, menores, diminutas e aumentadas.

5.2 Desenvolvimento de Interfaces

A escolha das interfaces físicas atendeu aos aspectos da música que se considerou conveniente que fossem controlados pelo instrumento. O processo de concepção das mesmas traduziu-se num esforço de responder da melhor maneira a cada um dos tipos de controlo que se decidiu incluir para cada aspecto durante o estudo teórico enunciado na secção anterior.

Primeiramente fez-se uma análise detalhada da relação entre cada aspecto com vários tipos de interacção e escolheu-se a que se considerou ser mais adequada. Esta secção apresenta as decisões tomadas para cada interface e as respectivas justificações.

Intensidade

Para controlar a intensidade do som, decidiu-se tirar partido do fluxo de ar, à semelhança do método de interacção utilizado na maioria dos instrumentos de sopro.

É um tipo de interacção limitado, na medida em que tem uma extensão reduzida. A curta diferença entre as quantidades mínima e máxima de fluxo de ar praticáveis tornam a sua precisão difícil.

No entanto, existe uma correspondência directa entre a interacção e o campo de actuação. A ausência de fluxo de ar representa a ausência de intensidade e, num instrumento electrónico, o limite máximo é facilmente estipulado externamente, adequando-o no dispositivo utilizado para a saída de som.

Considerou-se que a exactidão dos valores não seria um factor importante pois, neste caso, a relevância está no controlo das dinâmicas e as diferenças relativas entre os valores e não no valor exacto que está a ser produzido num determinado momento.

Timbre

Considerou-se que não haveria necessidade de controlar o timbre através de um interface físico. A decisão na escolha do mesmo é tomada antes da execução e seleccionada através da aplicação.

Escala

Como constatado na investigação teórica, cada escala dita tons que podem ser tocados e que combinam bem entre si. É por isso que a maioria das músicas são escritas obedecendo apenas a uma escala e para se conjugar várias escalas numa música é necessário algum conhecimento teórico que envolve as relações das escalas entre si.

Pretende-se uma utilização simples, que permita tocar música sem necessidade de conhecimentos teóricos, pelo que se optou por impor a limitação de uma única escala por música. À semelhança da escolha do timbre, a definição da escala em que se pretende tocar é feita previamente na aplicação desenvolvida.

Altura

A altura das notas é uma característica cujo controlo deve ser feito com rapidez e, acima de tudo, precisão. A decisão de atribuir o controlo deste aspecto às mãos e aos dedos foi imediata.

Contrariamente ao que acontece com muitos instrumentos musicais, em que é necessário decorar o tom a que corresponde cada posição dos dedos (seja numa corda de um violino ou no teclado de um piano), idealizou-se que se dedicaria um sensor para cada dedo. Pretende-se deste modo que não seja necessário desenvolver destreza para poder tocar o instrumento.

À semelhança do projecto AlphaSphere, pressupôs-se à partida que fosse possível controlar, para além da activação de um tom, pequenas variâncias no mesmo. Os valores a modificar seriam a frequência dos tons à semelhança dos efeitos *vibrato* e *pitchbend*, frequentemente utilizados nos instrumentos de cordas.

Após a decisão de utilizar apenas uma tecla para cada dedo surgiu a necessidade de poder alterar os tons de cada tecla. Num determinado momento cada dedo corresponde a um tom específico e previu-se que o deslocamento na escala fosse feito com outro tipo de controlo.

Nesse seguimento surgiu a opção de explorar o *joystick*; a utilização desta ferramenta tem o potencial de aumentar o leque de tons disponíveis, mesmo que isso implique abdicar de uma das mãos e das teclas que esta poderia controlar.

Esta interacção tentou retratar o modo de operação da maioria dos instrumentos de cordas, em que também a escolha dos tons de cada corda é feita com uma das mãos — não tendo necessariamente de resultar em acordes — e a sua activação com a outra.

Com a implementação desta interacção, já existente, pretendia-se que fosse à partida funcional e, pela familiarização com o funcionamento destes instrumentos, fácil de compreender.

Duração

Para que uma nota seja activada é necessário que lhe seja atribuído um tom e uma intensidade, estando a sua duração sujeita à combinação dos controlos de sopro e de toque.

Através do sopro é possível iniciar o som, dando-lhe valores positivos de intensidade, assim como silenciá-lo, deixando de exercer pressão através do sopro; através do toque, à semelhança do teclado de um piano, ao pressionar uma tecla para despoletar o tom escolhido para o som, controla-se também a activação e inibição do mesmo.

Depois de definir os tipos de interface a utilizar, considerou-se adequado elaborar uma pesquisa sobre vários componentes electrónicos. Visava-se uma melhor compreensão do funcionamento dos projectos relacionados, documentados no Capítulo 2, assim como a definição das hipóteses disponíveis para este projecto, tendo em conta a informação que pode ser captada e transmitida e as maneiras de o fazer.

O desenvolvimento destas interfaces será subdividido pelos diferentes tipos abordados, decididos neste capítulo, — de sopro, de toque e *joystick*.

5.2.1 Interface de Sopro

Considerando os requisitos para esta interface, o sensor a utilizar teria de ter uma grande precisão na sua medida, ainda que os seus extremos fossem reduzidos.

Pretendia-se assim contrabalançar a dificuldade de controlo preciso do fluxo de ar do utilizador, registando detalhadamente estas variações e usá-las para transmitir a expressividade do utilizador.

Durante o desenvolvimento desta interface foram consideradas as seguintes hipóteses.

Anemómetro

Utilizado normalmente para medir a velocidade do vento, o anemómetro traduz a quantidade e a velocidade do fluxo de ar para um número de rotações, como são exemplos os mecanismos das figuras em baixo. Registando esses valores periodicamente pode-se detectar mudanças na força exercida pelo sopro do utilizador.

Figura 41 – esquerda
Anemómetro de
conchas hemisféricas



Figura 42 – direita
Anemómetro de ventoinha



Sensor de fluxo de água

Este sensor funciona do mesmo modo, mas, ao contrário do exemplo anterior, que é concebido para funcionar em espaços abertos, este sensor destina-se a ser usado em tubagens.

Desse modo considerou-se que seria um método mais adequado: idealizava-se medir o fluxo de ar num espaço confinado (ver Figura 43 e Figura 44), como acontece num instrumento de sopro, para que as medições não fossem influenciadas por alterações no meio.

No entanto, previu-se alguma dificuldade na precisão de valores dado que estes sensores são concebidos para medir líquidos, que exercem mais pressão ao passar pela ventoinha.

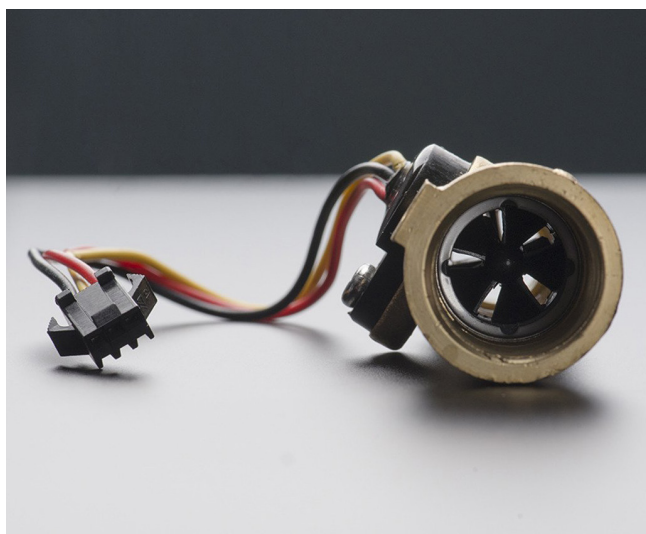


Figura 43 – esquerda
Sensor de fluxo de água
com ventoinha lateral

Figura 44 – direita
Sensor de fluxo de água
com ventoinha frontal

Sensor piezoeléctrico

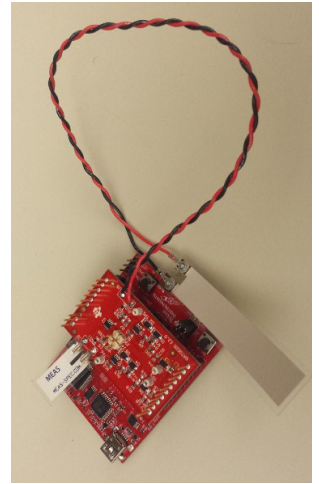
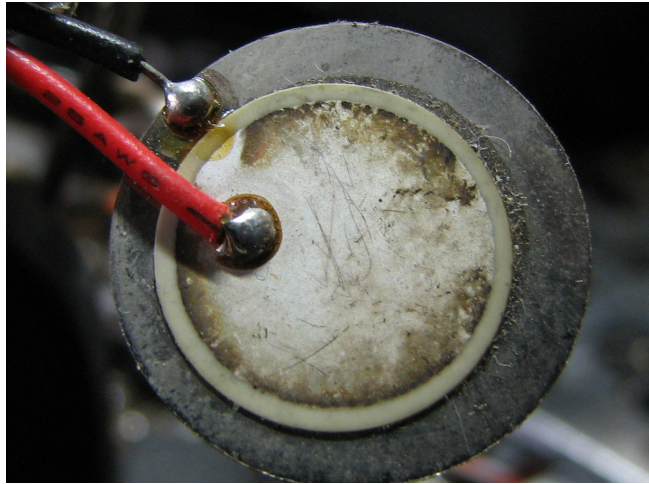
A piezoelectricidade é a carga eléctrica acumulada em certos materiais sólidos quando aplicada uma pressão mecânica.

Estes sensores (ver Figura 45 e Figura 46) são normalmente utilizados como sensores de toque, mas a pesquisa efectuada revelou exemplos e que podem ser aplicados na medição de fluxo de ar (MANJUNATHA, RAJANNA, NAYAK, 2011). Tendo em conta a sua elevada sensibilidade, quando colocados junto da fonte (neste caso, a boca), conseguem medir a pressão aplicada pelo fluxo.

Através de alguns testes chegou-se à conclusão que o sensor não era indicado para interpretar a interacção pretendida. Apesar de distinguir presença e ausência de fluxo de ar, a medição das variações de fluxo de ar ficaram muito aquém do que seria necessário para controlar diferentes valores de intensidade do som.

Figura 45 – esquerda
Sensor piezoelétrico

Figura 46 – direita
Controlador de fluxo
de ar piezoelétrico



Sensor de pressão

A ideia de usar este sensor surgiu após uma pesquisa mais aprofundada de sensores que pudessem ser implementados especificamente para este tipo interação.

Estes controladores medem o fluxo avaliando a pressão exercida através do ar que chega por uma entrada – especificamente desenhada para que se possa facilmente acoplar um tubo – por onde entra o ar, como se pode ver nos exemplos da Figura 47 à Figura 52.

Figura 47 – esquerda
Figura 48 – centro
Figura 49 – direita
Sensores de pressão

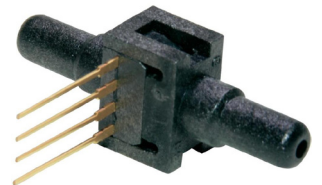
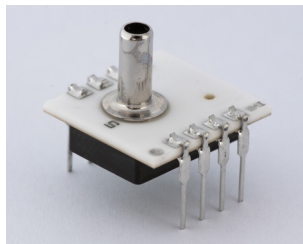
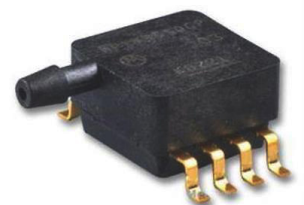
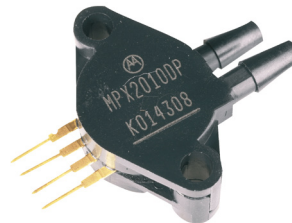
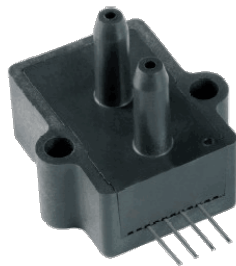


Figura 50 – esquerda
Figura 51 – centro
Figura 52 – direita
Sensores de pressão



Sendo sensores desenvolvidos precisamente para este efeito, frequentemente utilizados em aparelhos médicos que medem as facultades respiratórias dos pacientes, decidiu-se começar a experimentar a interacção com este tipo de sensor.

A escolha do sensor a utilizar teve em conta os requisitos do projecto. Atendendo às dimensões, ao encaixe da entrada e ao número de entradas, adquiriu-se o modelo MPXV4006GP da empresa Freescale Semiconductor demonstrado na Figura 51 na página anterior.

Começou-se por preparar o componente que, estando destinado a ser soldado directamente em circuitos, precisava que fossem soldados cabos aos *pins* a utilizar, para que se pudesse fazer a ligação à *breadboard* (placa de conexões que serve de intermediário na ligação entre os sensores e o microcontrolador).

Na Figura 53 estão referenciados os *pins* 1 a 4 e 5 a 8. Apesar de incluir estes oito *pins* (que servem para possibilitar uma montagem estável quando aplicado numa placa de circuitos), apenas os *pins* 2, 3 e 4 são utilizados, cuja correspondência é feita na Figura 53.

PIN 2:	V_s
PIN 3:	GND
PIN 4:	V_{out}

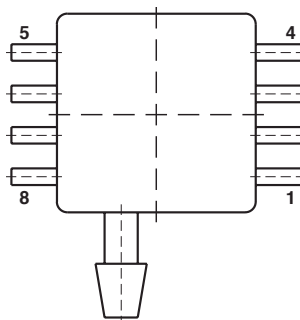


Figura 53
Esquema do sensor

Depois de soldados os *pins* testou-se o sensor, ligando-o a uma das portas analógicas do controlador e executando programas básicos com registos dos valores e uma representação gráfica dos mesmos.

Os resultados verificaram-se bastante satisfatórios, transmitindo uma correspondência linear entre o resultado desejado e o obtido, sendo possível controlar a intensidade do sopro para obter valores específicos com relativa facilidade.

No entanto, após alguns dias de utilização e transporte, os fios de cobre dos cabos revelaram-se demasiado frágeis e começaram

a quebrar-se. Decidiu-se então retirar os cabos e soldar junções macho/fêmea para servirem de ponto de conexão com os cabos, como demonstrado na figura em baixo.

Figura 54
Preparação do
sensor de pressão



Esta alternativa, para além de ser mais robusta, permite adequar o comprimento dos cabos a diferentes situações e trocá-los no caso de sofrerem danos.

Para a canalização do ar desde a boca até ao sensor pensou-se, à partida, em utilizar material de micro-rega, por utilizar o mesmo tipo de conexões que o sensor inclui na entrada para o ar. Este processo permite ainda a construção do circuito de tubos por secções, tirando proveito dessas mesmas junções.

No entanto, o tamanho dos tubos e o da entrada do sensor não são compatíveis. Para fazer a ligação foi utilizado um tubo mais pequeno, já demonstrado na Figura 54, para que se pudesse fazer a conexão entre o sensor e os tubos a utilizar no sistema sem qualquer fuga.

Nos primeiros testes a boca foi colocada directamente no tubo mas, não sendo esse o procedimento desejado, iniciou-se a construção de um bocal a partir de uma peça de canalização que se considerou adequada, apresentada na Figura 55 na página 82. Esta peça permite que a parte que entra em contacto com a boca seja substituída, o que facilita a transmissão do objecto entre vários utilizadores.



Figura 55 – esquerda
Peça utilizada para o bocal



Figura 56 – direita
Peça para a vedação
do bocal

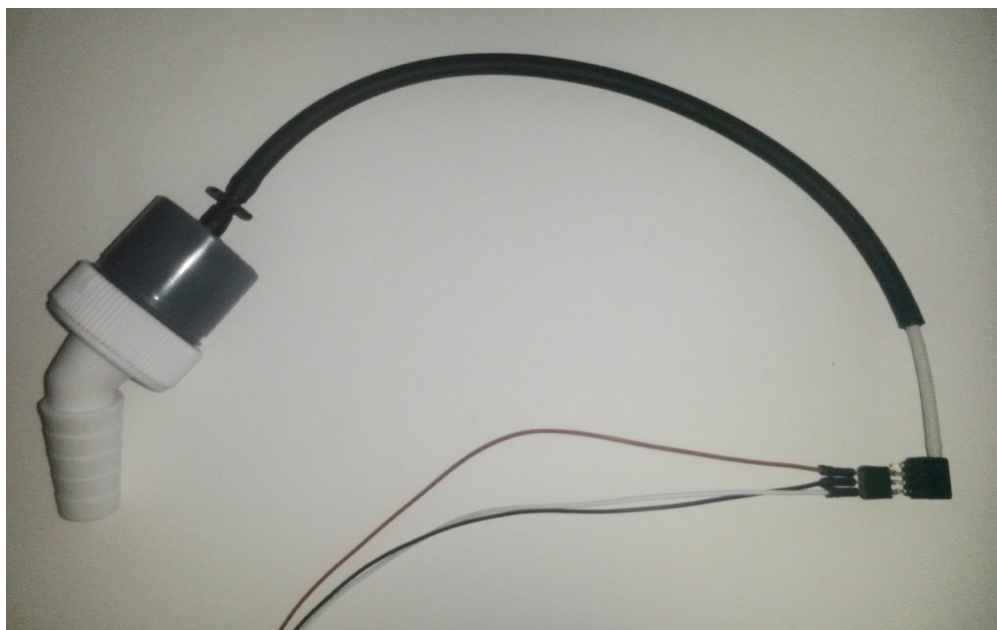


Figura 57
Primeiro protótipo da
interface de sopro

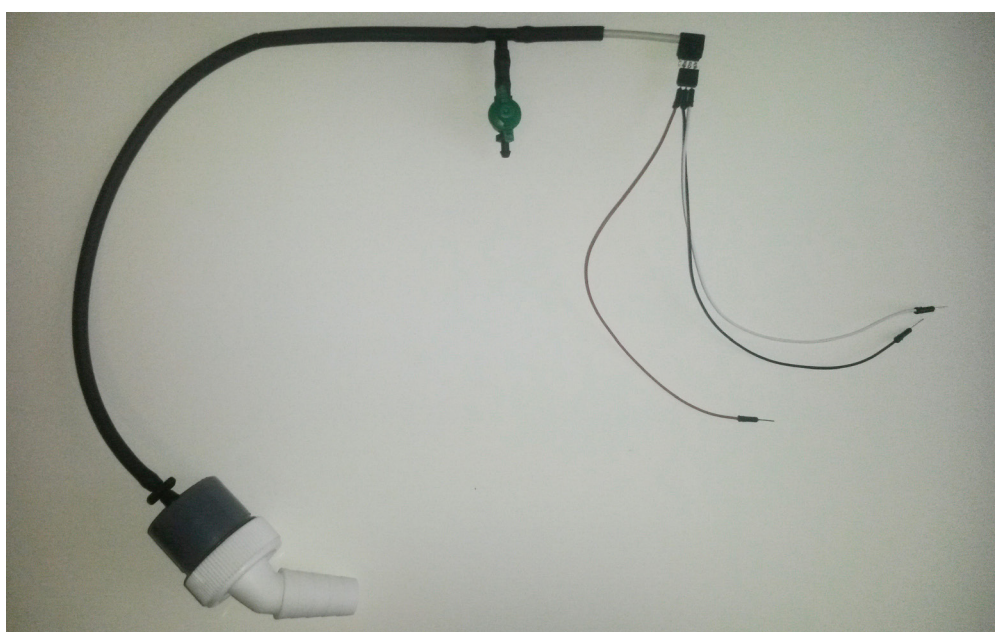
Também para evitar fugas de ar, foi patente a necessidade de vedar a peça. Começou-se por isolar a extremidade contrária à do bocal, criando um disco de plástico com um furo no meio, por onde passaria o tubo e, vedando a ligação, criou-se uma junção de redução.

O objectivo de produzir uma ligação ao sensor sem fugas foi cumprido (ver Figura 55 à Figura 57). No entanto, durante o desenvolvimento do projecto concluiu-se que soprar para um circuito fechado limitava a diversidade de valores obtidos — com pouca pressão atingiam-se os valores máximos.

Assim, surgiu necessidade de possibilitar uma fuga controlada de ar para que houvesse circulação de ar contínua à semelhança dos instrumentos musicais de sopro.

Acrescentou-se uma válvula, apresentada na Figura 58, que permitiu responder à necessidade anterior e, além disso, tornou possível o controlo da quantidade de ar que é desperdiçada. Assim, através de um ajuste mecânico pela parte do utilizador, é possível variar a força necessária a exercer para o sensor responder.

Figura 58
Introdução de válvula
de controlo



Devido à reduzida dimensão dos tubos, a força necessária para utilizar o sistema era ainda, apesar das melhorias, superior à desejada. A tentativa de utilização de tubos mais largos revelou-se complicada devido à dificuldade em ligá-los ao sensor.

Após uma pesquisa dedicada à resolução do problema, descobriu-se a existência de uma peça de redução que faz a conexão entre os tamanhos utilizados nestes dois tipos de rega. Usando apenas uma pequena secção de um tubo de micro-rega, tornou-se possível ligar o sensor aos tubos de maior diâmetro.

Como para este tipo de “canalização” existem peças rígidas, optou-se por utilizá-las no lugar dos tubos maleáveis. Deste modo, criou-se uma estrutura rígida sem necessidade de ser envolvida nalgum tipo de invólucro, que seria o caso da solução anterior.

Numa fase final da concretização deste sistema, tirou-se partido da modularidade destas peças para experimentar várias combinações a fim de conceber uma estrutura adequada, estando o resultado final apresentado na Figura 59, e a sua utilização na Figura 60.

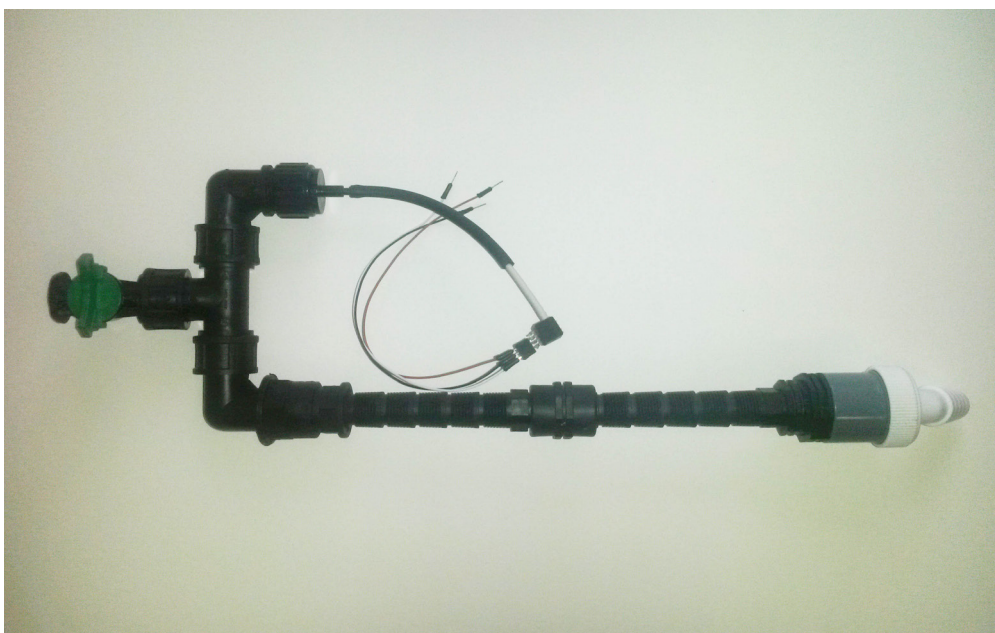


Figura 59
Protótipo final da interface de sopro



Figura 60
Utilização da interface

5.2.2 Interface de Toque

Como supracitado no início deste secção, pretendia-se uma interface que utilizasse o mesmo tipo de interacção do projecto AlphaSphere. A ideia seria não só permitir a activação de um som como também algum controlo sobre o mesmo. Para além disso, o *feedback* do movimento dessa interface revelou-se um bom princípio de interacção, fácil de compreender pelo utilizador.

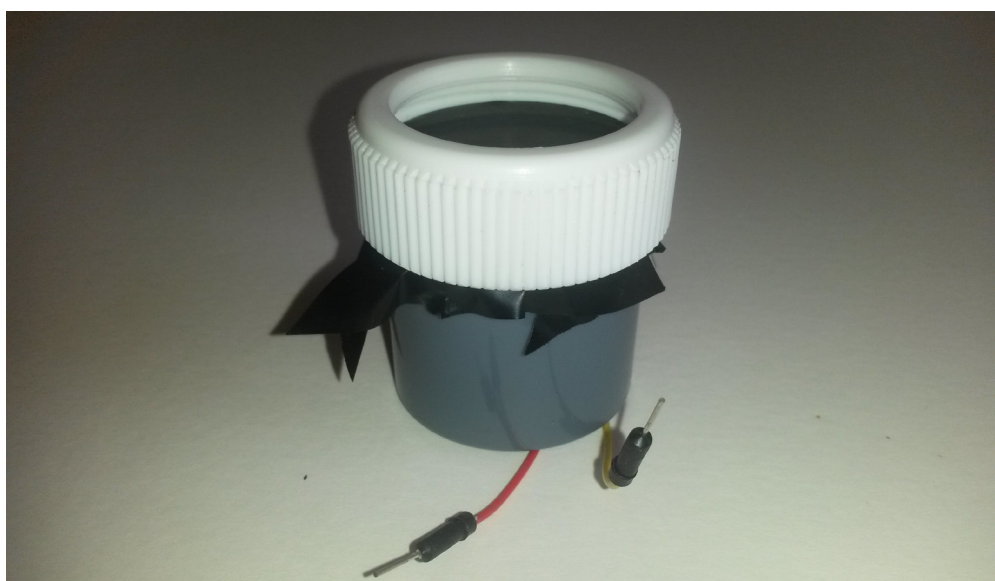
Seria portanto necessário detectar a presença do toque e medir a distância percorrida pelo dedo. Começou-se por investigar meios que tentassem reproduzir membranas capazes de medir a pressão exercida, mas revelou-se uma tecnologia demasiado dispendiosa.

Velostat

Na busca de alternativas, surgiu a hipótese das folhas de *velostat*, um material condutor de electricidade cuja resistência varia com a pressão exercida.

Este material, apesar de características promissoras, não tinha flexibilidade suficiente quando utilizado em pequenas dimensões, resultando numa baixa variação de valores. Ainda assim, apresenta-se na Figura 61 a prototipagem.

Figura 61
Protótipo da interface de
toque utilizando *velostat*



Espunja electrostaticamente dissipativa

O passo seguinte foi experimentar este material, utilizado para proteger componentes electrónicos de descargas eléctricas, como sensor. A sua utilização como sensor de pressão foi inspirada nas experimentações de Hiskey (2010) e o processo de medição de pressão é exactamente igual ao do *velostat*, mencionado na página anterior.

Esta opção revelou ter flexibilidade suficiente para registar uma extensão de valores mais ampla, permitindo a diferenciação clara entre vários níveis de força exercida.

Contudo, apurou-se em experiências (ver Figura 62) que o comportamento natural do material impossibilita a sua utilização neste sistema, na medida em que demora alguns segundos a assumir o estado inicial.

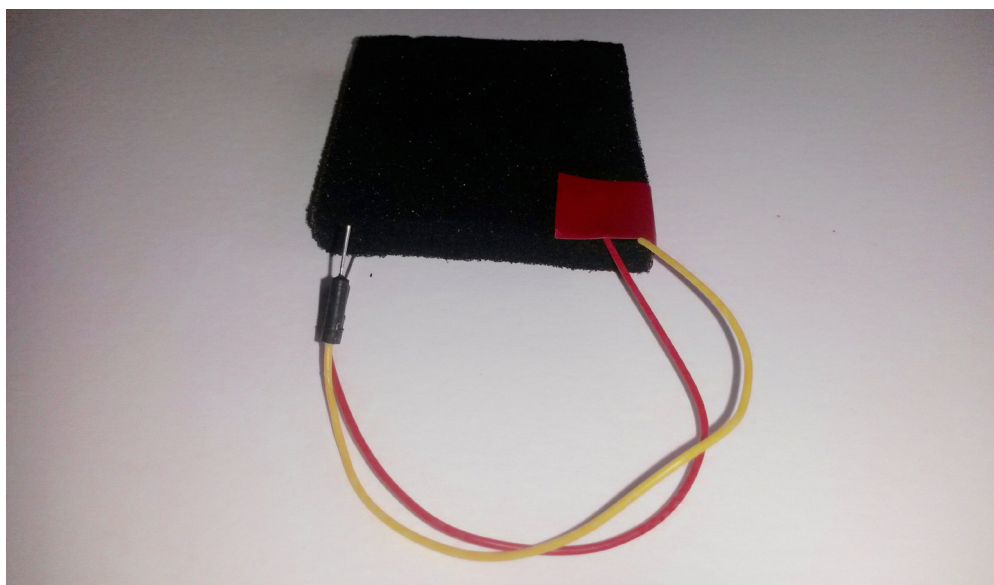


Figura 62
Sensor de pressão
utilizando esponja
electrostaticamente
dissipativa

Chegou-se à conclusão que bastaria encontrar um material móvel que oferecesse a resistência (mecânica) desejada e um sensor para medir a distância que o dedos percorrem.

Na procura de soluções surgiu a ideia de conjugar molas com discos móveis que seriam pressionados pelo utilizador. Para construir uma interface estável, o objectivo seria confinar este sistema dentro de um cilindro, que incluiria o sensor para medir a distância percorrida pelo disco.

Fotoresistor

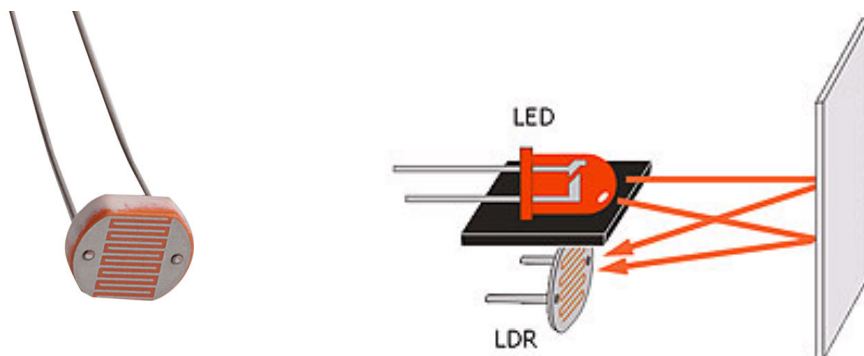
Normalmente referido como LDR (Light Dependent Resistor), é utilizado frequentemente para medir distâncias curtas. Retratado na Figura 63, trata-se de um componente cuja resistência eléctrica oferecida varia conforme a exposição à luz. Passando corrente eléctrica no sensor, obtêm-se diferentes valores de *output*, dependendo da resistência oferecida num determinado momento.

Isolando o contacto directo entre o LDR e uma fonte de luz forte — normalmente é utilizado um LED (Light Emitting Diode) — podemos ter a noção da distância a que um objecto está, dependendo da quantidade de luz reflectida nele e mensurável pelo valor da resistência registado no LDR (esquema na Figura 64).

Estes valores variam dependendo da capacidade reflectora do objecto mas, em casos como este em que o objecto não varia, é possível obter valores precisos.

Figura 63 – esquerda
Fotoresistor

Figura 64 – direita
Exemplo de utilização
do par LED/LDR para
medir distâncias



Sensor de ultra-sons

Este tipo de sensores (Figura 65 da próxima página), à semelhança dos radares e dos sonares, geram sons com valores de frequência altos (inaudíveis para o ser humano) e interpretam os seus ecos, medindo o intervalo de tempo que o som demora a chegar, depois de ser emitido.

São transdutores na medida em que produzem um sinal analógico proporcional à distância medida, permitindo medições precisas. Deste modo, são bastante utilizados industrialmente, como é exemplo a aplicação destes sensores em carros para auxiliar o estacionamento.



Figura 65
Sensor de ultra-sons

Tanto os fotoresistores como os sensores de ultra-sons revelaram o mesmo problema nas experiências efectuadas. Por funcionarem os dois através da interpretação de “ecos”, necessitam que o material reflector esteja relativamente bem isolado, no sentido em que não pode ter outros materiais perto de si.

O movimento das molas colocadas entre o sensor e o disco acabava por fazer com que estas reflectissem as ondas enviadas de formas diferentes, dependendo da pressão exercida, introduzindo ruídos no sinal e impedindo desse modo a leitura correcta do mesmo.

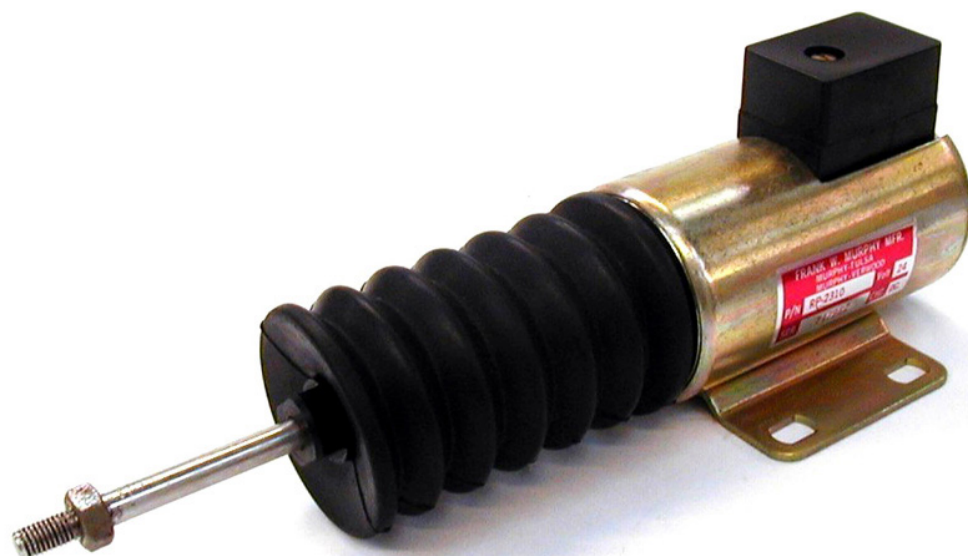
Devido à dificuldade em encontrar um processo para fazer a medição desejada através dos sensores convencionais, começou-se a procurar e explorar métodos alternativos que permitissem realizar esta tarefa.

Solenóide linear

É o nome dado aos componentes que usam a passagem de corrente por uma bobine para fazer mover um tubo colocado no centro da bobine, usando os princípios do electromagnetismo (ver Figura 66).

Estes componentes são actuadores — e não sensores — na medida em que são concebidos para reproduzir uma acção dependendo de um sinal de *input*.

Figura 66
Solenóide linear



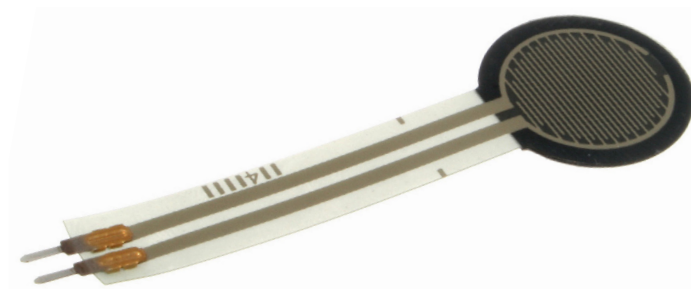
Seguindo os mesmos princípios, a passagem do tubo pelo centro da bobine gera corrente que depende da velocidade do tubo. Com o intuito de descobrir se seria possível medir a distância percorrida pelo tubo, realizou-se um pequeno estudo experimental.

Verificou-se a geração de corrente e a possibilidade de, desta maneira, detectar movimento. No entanto, não foi possível verificar uma correlação entre diferentes distâncias percorridas e os valores gerados pelo solenóide.

Sensor de força

Estes sensores, resistivos, avaliam apenas a força exercida sobre eles e não permitem o deslocamento vertical e/ou horizontal (ver Figura 67). No entanto, foi teorizado que, utilizando uma mola por cima, a pressão exercida no sensor variaria consoante a força aplicada na mola, que por sua vez dependeria da posição do dedo.

Figura 67
Sensor de força



Introduziu-se uma mola dentro de uma peça cilíndrica, igual à que integra a peça do bocal, e colocou-se um disco de plástico em cima da mola para exercer a pressão. Prendeu-se um anel do mesmo material entre o cilindro e a peça branca de rosca, com o intuito de impedir que o disco saísse pelo topo ao utilizar a interface (Figura 68).

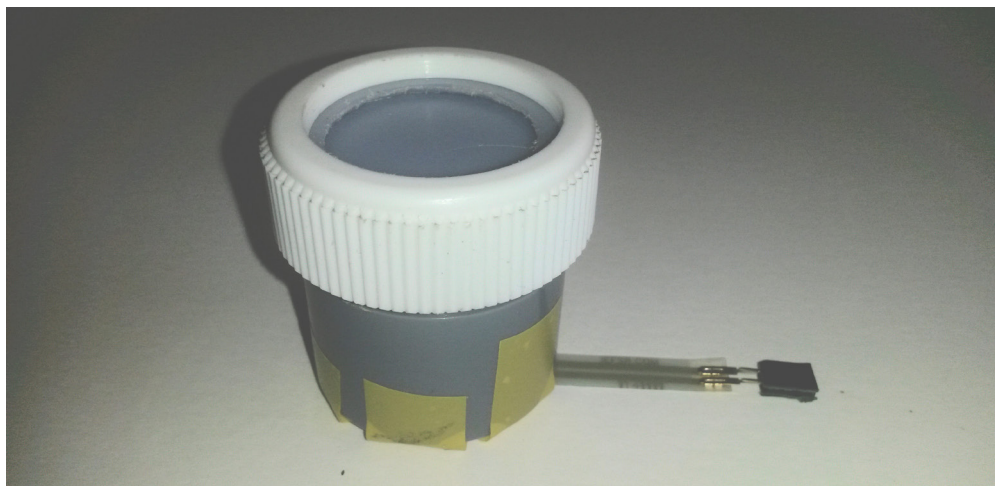


Figura 68
Protótipo do sensor de deslocamento utilizando um sensor de força

Procedeu-se então à experimentação de várias molas. Depois de pesquisar nas lojas locais, adquiriram-se as molas que se considerou adequadas. Foram usadas na interface descrita e, apesar de nenhuma permitir o funcionamento desejado, este exercício permitiu tirar algumas conclusões quanto às características das molas a incluir.

O comprimento máximo da mola não é obrigatoriamente limitado ao às dimensões do cilindro, na medida em que este pode ser estendido. Já diâmetro da mola tem de ser obviamente inferior ao do cilindro.

Porém, se a mola tiver um diâmetro demasiado reduzido e não tiver rigidez suficiente, acaba por dobrar dentro do cilindro, deixando de exercer força no sensor. Ainda que seja um comportamento fácil de adivinhar em casos extremos — molas pouco rígidas e/ou muito estreitas — a margem de diferenças entre os diâmetros possível é muito menor do que o previsto.

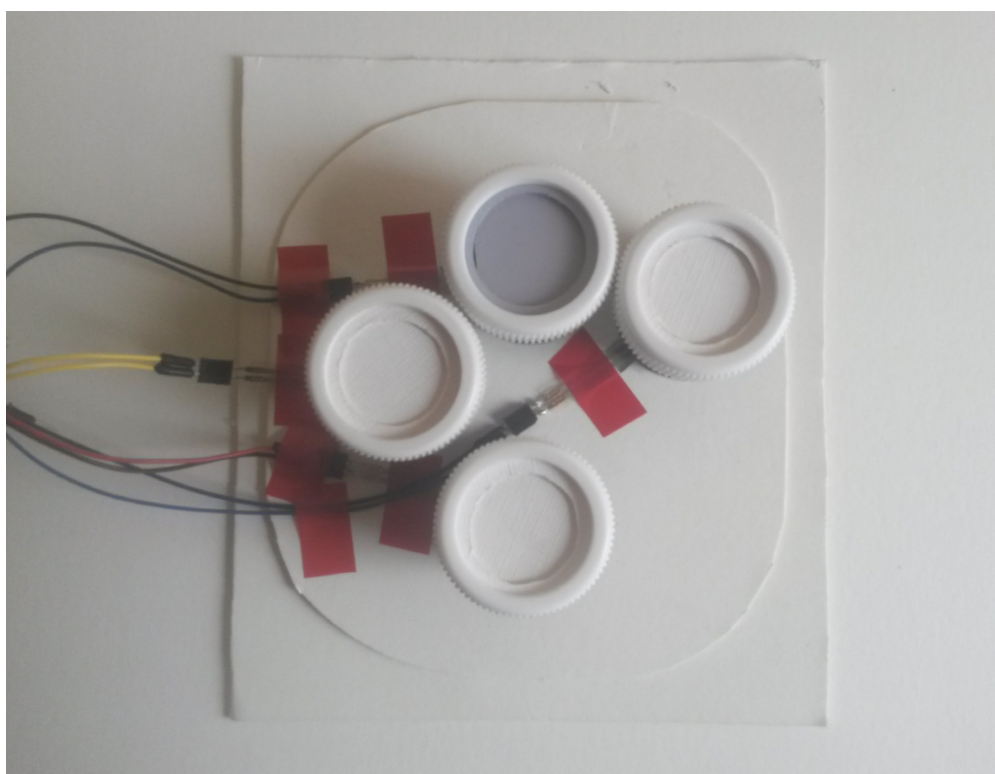
Devido à inexistência de molas adequadas nas lojas conhecidas, contactou-se uma empresa especializada, a Fanamol – Fábrica Nacional de Molas, Lda. e, tendo-se percorrido as possibilidades

oferecidas em catálogo, encontrou-se um único modelo que correspondeu às especificações necessárias.

Essa mola permitiu a concretização da interface apesar de ter demasiada rigidez, que a falta de conhecimentos tanto teóricos como empíricos não permitiu antecipar. Assim sendo, a interacção exigia a aplicação de mais força do que a idealizada.

Ainda assim, devido à necessidade de realizar testes de usabilidade do protótipo, imposta por outras componentes do projecto, construiu-se a interface composta por quatro sensores, que foi então sujeita a avaliação e que é apresentado na Figura 69.

Figura 69
Protótipo da interface
de toque



Todos os utilizadores que realizaram estes testes reforçaram a necessidade de melhorar este aspecto.

Para além disso, a disposição dos cilindros foi também considerada uma falha consensual. Apesar de se ter procurado uma acomodação ergonómica dos mesmos, encontravam-se, ainda assim, demasiado afastados e não permitiam uma utilização confortável do interface. Estas falhas são ilustradas da Figura 70 à Figura 75 na próxima página.

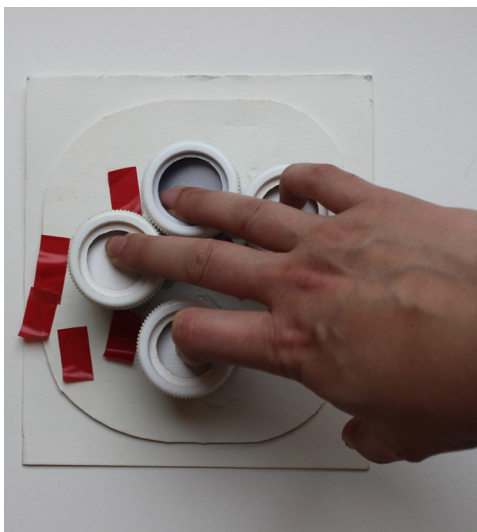


Figura 70 – esquerda
Utilização da interface



Figura 71 – direita
Posição de descanso

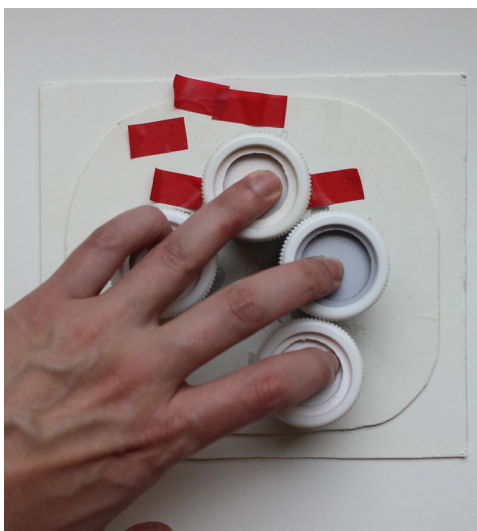


Figura 72 – esquerda
Utilização com a
mão esquerda

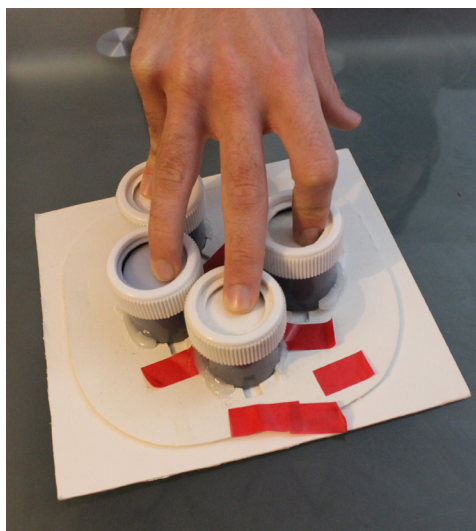


Figura 73 – direita
Exemplo de um utilizador
para o qual a interface é
excessivamente grande

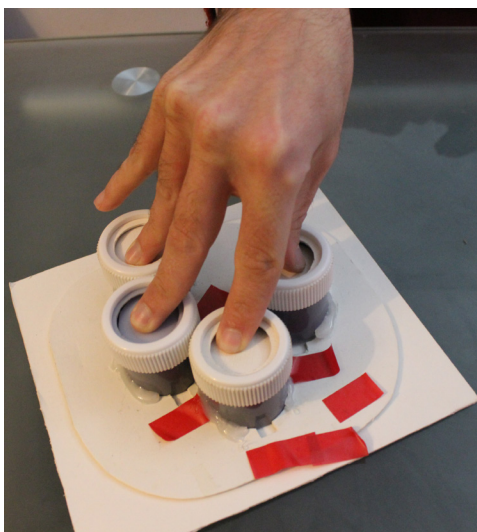
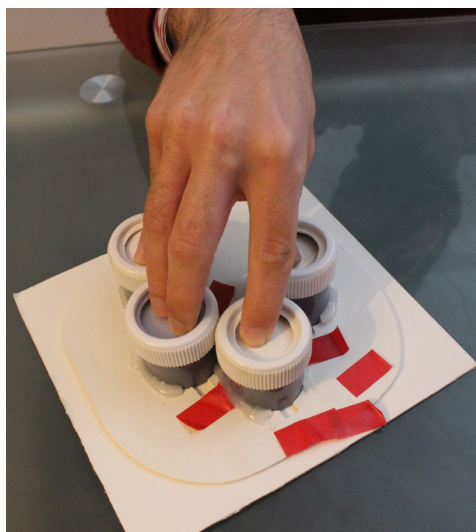


Figura 74 – esquerda
Figura 75 – direita
Exemplos registados
de adaptação à
incompatibilidade das
dimensões da interface



Na Figura 70 estão a ser premidos os quatro sensores com algum esforço, acima dos limites do confortável, os quais apenas se deslocam entre 0,5 cm a 1,5 cm.

Mesmo quando a interface não está a ser utilizada, a posição de repouso da mão não é confortável, facto documentado na Figura 71 e na Figura 72.

Além disso, pretende-se que a interface possa ser utilizada pelo maior número de pessoas possível mas, no entanto, houve uma situação em que, relativamente ao tamanho das mãos, os cilindros estão tão afastados que o utilizador não conseguiu utilizar a interface, situação registada na Figura 73, e teve de adaptar a posição da mão.

A impossibilidade de utilizar a interface com os dedos pretendidos implica a utilização do polegar, que exige uma direcção de movimento diferente. Esta adaptação torna a experiência de utilização da interface tão desconfortável que o utilizador sentiu a necessidade de alternar entre duas posições, ilustradas na Figura 74 e na Figura 75.

A magnitude das restrições impostas pela interface concebida suscitaram uma avaliação de toda a sua construção.

A distância entre cada sensor era uma limitação ditada pelas dimensões dos cilindros escolhidos com a intenção de os aproveitar. A interface de sopro foi pensada de maneira a que se pudesse trocar o bocal e, ao adquirir vários exemplares, sobraram vários cilindros. No entanto, verificou-se que a sua aplicação implicava restrições que tornavam impossível a construção de uma interface adequada.

Ao contrário do projecto AlphaSphere, em que é suposto movimentar as mãos e procurar o sensor desejado, neste caso pretendia-se que a mão estivesse fixa para que o utilizador tivesse em cada dedo o comportamento esperado. Apesar de se ter diminuído o tamanho do interface, não se previu que teria de ter dimensões ainda mais reduzidas para ser confortável em utilizações extensas.

Para além disso, a inclusão deliberada de um utilizador esquerdino em testes de usabilidade revelou que, nestes casos, existe a necessidade de trocar os controlos de cada mão. Devido à diferença de destreza entre as duas mãos, cada uma delas é mais adequada a uma das funções propostas pelo interface.

Consequentemente, para que este factor não significasse qualquer tipo de impedimento, pretendia-se que a próxima versão do interface fosse simétrica. Com o intuito de solucionar os problemas enunciados, fez-se uma pesquisa de interfaces apropriadas.

Depois de estudadas várias hipóteses de interação, observou-se que a mais adequada seria a utilizada nos trompetes (Figura 76) que, apesar de ter um mecanismo muito semelhante, faz uso de pistões. Não havendo a necessidade de introduzir os dedos nos cilindros, estes podem ser mais pequenos e, por essa razão, estar mais próximos.



Figura 76
Trompete de
quatro válvulas

Para além disso, esta interface também faz uso de molas, adequadas ao método de interação. Adquiriram-se molas próprias para trompetes e, como se adivinhava, a sua rigidez era satisfatória.

Para enclausurar as molas, experimentaram-se várias estruturas a partir de tubos de plástico, como as da Figura 77 e da Figura 78. Moldando-os a quente com o auxílio de um soprador térmico, conseguiram-se estruturas robustas mas, devido às dimensões reduzidas que o tipo de interface implica, não foi possível conceber e integrar as teclas de modo a oferecer estabilidade.

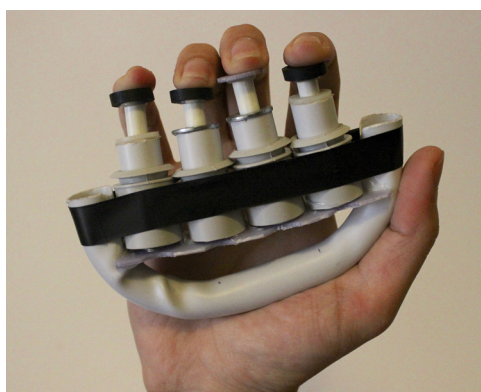


Figura 77 – esquerda
Figura 78 – direita
Experiências de
interface de toque

Durante esta fase de experimentação surgiu a ideia de utilizar um objecto já existente, utilizado por guitarristas no fortalecimento dos músculos dos dedos, devido à sua semelhança com as estruturas desenvolvidas. Conhecido como exercitador de mão – em inglês, *hand exerciser* ou *finger trainer* –, é demonstrado na Figura 79.

Figura 79
Exercitador de mão



Este objecto demonstrou integrar-se adequadamente no desenvolvimento da interface, visto que é concebido para movimentos semelhantes aos da utilização do trompete, e conta com quatro pistões para a interacção com os dedos, o número exacto definido para a interface. Para além disso, as dimensões das molas são semelhantes, permitindo a sua substituição e a utilização das pretendidas. Este último passo seria necessário porque, devido ao propósito deste objecto, as molas que inclui são bastante rígidas e não se destinam a uma utilização descontraída dos dedos.

Com o propósito de incluir os sensores de força, fizeram-se algumas alterações a este objecto. Acoplaram-se varetas de madeira às suas teclas, que passam pelo seu interior e entram em contacto com os sensores na extremidade oposta àquela com que o utilizador interagem, como se pode ver na Figura 80 da página seguinte.

Aproveitou-se o formato do objecto e criou-se uma peça de madeira que permite a fixação dos sensores. Essa peça contou já com

a inclusão de um acessório que permite acoplar a interface à estrutura do instrumento, visível na Figura 81. Para permitir a saída dos sensores e dos cabos de ligação recortaram-se quatro reentrâncias, demonstradas na Figura 80.

Depois de implementadas estas modificações, substituíram-se as molas e a interface ficou pronta a utilizar.



Figura 80
Modificações feitas ao exercitador de mão



Figura 81
Interface de toque concluída

5.2.3 Joystick

O *joystick* é um periférico que pode ter várias formas, mas que essencialmente consiste numa extremidade que se move num espaço limitado e cujo deslocamento em duas dimensões é devolvido em dois *outputs* distintos.

É por isso comumente utilizado para a navegação em sistemas cuja área de implementação seja bidimensional. Ainda assim, por ser uma interface bastante difundida e versátil, é frequente a sua utilização para actuações a três dimensões onde é acrescentado outro tipo de controlo para uma das dimensões.

Devido à sua versatilidade, este componente pode assumir várias proporções, dependendo do emprego desejado.

Pode ser uma peça pequena a ser controlada apenas com um dedo, conhecido como *joystick* de polegar — do inglês, *thumb joystick* — por ser o dedo que é normalmente destinado a manipulá-lo, como é exemplificado na Figura 82. Esta versão é utilizada como parte integrante de controladores manuais onde os restantes dedos têm outras funções, como é o caso dos controladores utilizados em videojogos ou na pilotagem de veículos telecomandados.

Figura 82
Joystick de polegar



Outra utilização convencional do *joystick* destina todo o braço para a sua manipulação e geralmente assume o papel de controlador, complementando-se com outros tipos de controlo como botões ou gatilhos a ser utilizados pelos dedos – podendo até incluir um *joystick* de polegar – dispostos ergonomicamente nos locais onde cada dedo pousa ao agarrar o *joystick* com a mão.

Esta versão (Figura 83) assume o nome de coluna de controlo – do inglês, *control column* – por ser o nome dado a estes periféricos quando utilizados na pilotagem de aviões.



Figura 83
Coluna de controlo

Independentemente da dimensão que assume, este periférico é frequentemente utilizado com interfaces gráficas. A actuação em duas dimensões pode ser utilizada para controlar a posição de um objecto, funcionando como um cursor, ou o para fazer o controlo a partir de um ponto central, permitindo apontar direcções com um alcance de 360°.

Sendo um periférico adequado ao propósito, realizaram-se algumas experiências de teste com estes dois tipos de *joystick*, que diferem não só na forma mas também no tipo de interacção física, para perceber qual das versões seria mais conveniente.

Os primeiros *joysticks* a serem testados foram os de polegar. O exemplo apresentado na Figura 84, popularizado pela integração nos controladores utilizados pela consola PlayStation 2, utiliza o movimento mais comum: a extremidade de contacto com o dedo desloca-se tridimensionalmente em torno da outra extremidade fixa num ponto central.

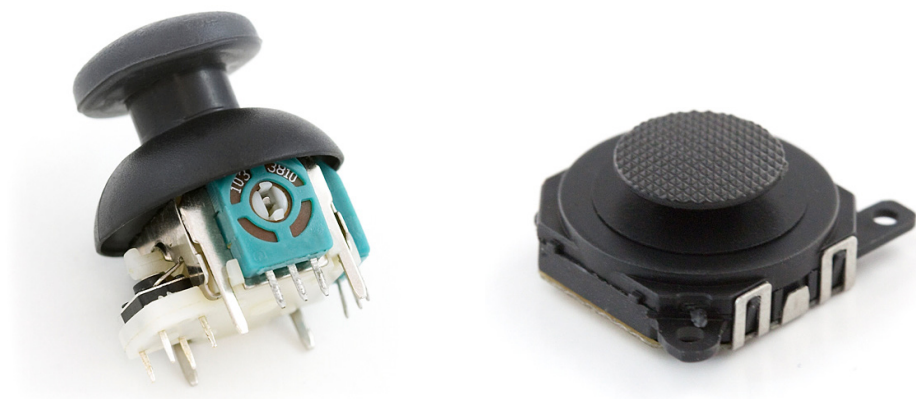
Noutro modelo testado, utilizado na PlayStation Portable e apresentado na Figura 85, nenhuma das extremidades está fixa e a interface desliza bidimensionalmente.

Conferiu-se que qualquer um destes modelos correspondia às expectativas: a ligação às aplicações de teste foi bastante fácil e a interacção com as mesmas foi a esperada.

Concluiu-se que a primeira versão era mais conveniente. O movimento esférico permite que o *joystick* tenha um alcance maior, na medida em que, para a mesma distância percorrida, a extremidade de contacto não se afasta tanto da posição inicial do dedo. Para além disso, o movimento lateral do outro modelo implica a aplicação de alguma pressão, o que o torna mais difícil de controlar minuciosamente.

Figura 84
Joystick da PlayStation 2

Figura 85
Joystick da
PlayStation Portable



No entanto, o objectivo reflectido pela pesquisa efectuada foi desde o início criar um controlador que integrasse um *joystick*. Previa-se que este servisse para fazer a navegação mas haveria a necessidade de utilizar botões para a selecção.

Devido à dificuldade em conceber um controlador que fosse ao mesmo tempo robusto e ergonómico, decidiu-se que o próximo passo seria testar periféricos já existentes e o primeiro controlador escolhido foi uma coluna de controlo da empresa Thrustmaster (exibida na Figura 83 na página 98), escolhida por ser, dos modelos disponíveis que cumpriam os requisitos, o economicamente mais acessível. O experimentação com este periférico denunciou algumas características a considerar.

Este tipo de *joysticks*, tanto pela própria massa como pela força resultante da interacção, exerceria pressões no produto final que implicariam limitações na sua portabilidade. Estes controladores foram concebidos para um uso em cima de uma superfície fixa, onde a robustez do objecto e os movimentos não apresentam impedimentos.

No caso do *joystick* de polegar, todo o controlador é amparado pela mão, aliviando a força exercida na conexão com o seu suporte.

Para além disso, percebeu-se que o tipo de conexão, USB, implica uma ligação directa ao computador e, apesar de permitir interagir com a aplicação, complicaria a sua utilização no produto final. O ideal seria ligar o periférico ao microcontrolador que se encarregaria de toda a comunicação com a aplicação.

Para a comunicação com o microcontrolador considerou-se a utilização *joysticks* antigos que utilizassem a porta DA-15, que permite o tipo de ligação desejado e que foi popular na década de 1980 e no início da de 1990, até ter sido substituída pela porta USB.

A procura de um controlador passível de ser controlado apenas com uma mão, de pequenas dimensões e que utilizasse a porta DA-15 não obteve resultados, mas durante este processo surgiu a hipótese de utilizar o controlador Nunchuk que, apesar de não fazer uso deste tipo de porta, a ligação que utiliza também permite a sua interacção com microcontroladores.

Este periférico (Figura 86 na próxima página), concebido para a consola Nintendo Wii, conta com um *thumb joystick* e dois botões. A sua simplicidade deve-se ao facto de ser um controlador secundário, na medida em que é usado para complementar um primário, mais completo.

A ligação entre o par, demonstrada na Figura 86, é feita através de um cabo e a sua comunicação utiliza o protocolo I²C (Inter-Integrated Circuit, traduzido para Circuito Inter-Integrado), que é suportado pela maioria dos microcontroladores existentes.

Figura 86
Wii Remote, em cima,
e Nunchuk, em baixo
(controladores da
consola Nintendo Wii)



Figura 87 – esquerda
Pormenor dos sensores
do Nunchuk



Figura 88 – direita
Pormenor do joystick
do Nunchuk



A porta utilizada para a comunicação é específica mas, para além de se poder fazer a ligação directamente nos conectores, existe um adaptador que permite a conexão de um modo menos intrusivo.

A utilização deste controlador foi considerada ideal, na medida em que a movimentação do seu *joystick* é delimitada por um orifício octogonal, característica pouco comum, que permite apontá-lo facilmente para oito direcções distintas. Como se pretendia que fosse utilizado para fazer a escolha entre sete grupos de tons, decisão prevista durante a investigação teórica, seria difícil encontrar melhor correspondência.

Um exemplar já estava à partida disponível — a ausência de consideração do mesmo devia-se ao desconhecimento da possibilidade de ligação — e, pelas razões acima indicadas, procedeu-se à aquisição do adaptador (Figura 89) que para ser utilizado apenas precisou que lhe fossem soldadas junções macho/fêmea. O resultado final da ligação apresenta-se na Figura 90.

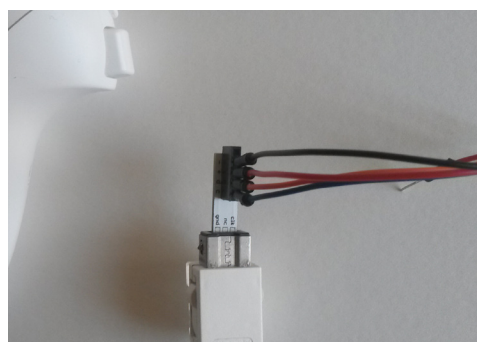
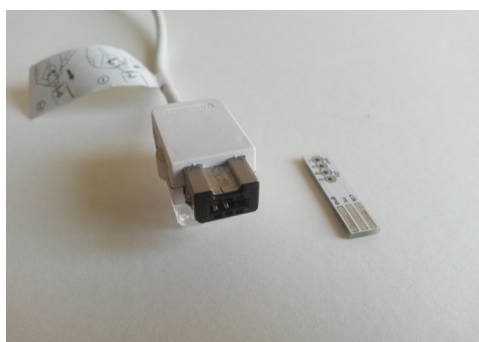


Figura 89 – esquerda
Conector do Nunchuk e
adaptador para ligação

Figura 90 – direita
Nunchuk pronto a ser
integrado com o Arduino

Partindo para a experimentação com periférico, a leitura dos valores obtidos pelo microcontrolador não foi tão fácil quanto se previa. Foram encontradas várias bibliotecas para a utilização específica deste periférico, com funções preconcebidas para a interpretação dos valores recebidos sob o protocolo I²C.

Uma vez que estas bibliotecas tinham sido desenvolvidas para a utilização com versões anteriores do IDE — Integrated Development Environment, traduzido para Ambiente de Desenvolvimento Integrado — do Arduino, foi necessário proceder a alterações no código das funções para que se pudesse começar a testar o Nunchuk.

No final, acabou por ser utilizada uma versão modificada da biblioteca desenvolvida em 2007 por Tod E. Kurt (2011), criador dos adaptadores e pioneiro nesta conjugação na electrónica.

Com a ligação funcional, a programação da interacção do Nunchuk e a sua integração na aplicação foi um processo simples. No entanto a ligação por vezes falhava e nem sempre era possível utilizar o controlador, tendo sido, inclusive, o impedimento de um teste de usabilidade. Apesar de se ter realizado um processo extensivo de experimentação com o objectivo de perceber o problema, as razões permaneceram incógnitas.

Posto isto, a utilização desta interface não estava admissível. Porém, tendo em conta que a pesquisa que levou à escolha deste dispositivo foi extensa e que quando este funcionava com êxito a sua utilização era bastante satisfatória, tanto em termos da interacção do utilizador como de interpretação de valores da aplicação, decidiu-se que se tentaria solucionar o problema da comunicação antes de procurar dispositivos alternativos.

Optou-se por abrir o controlador e tentar ligar directamente o *joystick* e os dois botões à placa do Arduino. Receando a inutilização do dispositivo foi adquirido outro exemplar no qual foram realizadas as experiências, como procedimento de segurança.

Após o estudo do circuito do controlador, procedeu-se à soldagem dos fios necessários a cada um dos componentes do *joystick*, cujo resultado final é visado na Figura 91 e na Figura 92 da próxima página. Os fios foram agrupados em três pares, assinalados nestas figuras da seguinte forma: como “P” o par de ligações que fornecem energia ao circuito, como “B” os fios que dizem respeito à transmissão do sinal do estado dos dois botões e como “J” os que comunicam a posição do *joystick* em cada uma das duas direcções.

Depois de implementadas as alterações (Figura 93 e Figura 94 da próxima página), realizaram-se testes extensivos com a aplicação ainda em desenvolvimento, que teve de ser modificada para interpretar os valores devolvidos com este novo tipo de comunicação. Concluiu-se que era possível estabelecer uma ligação constante com êxito, dando assim por terminada a construção desta interface.

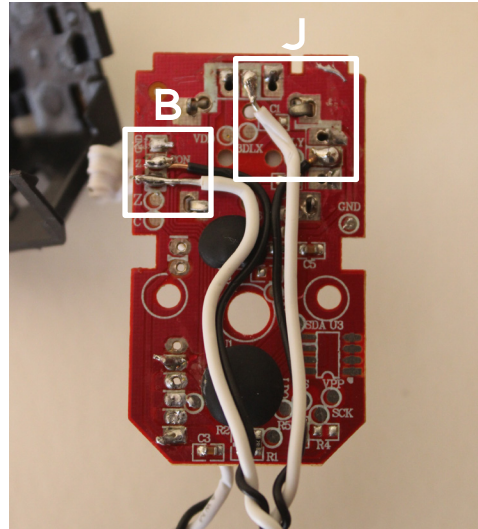
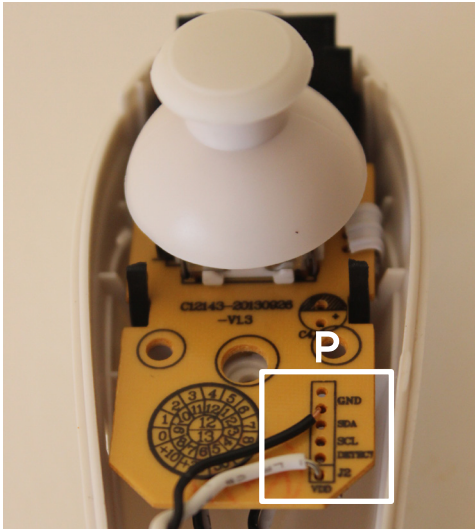


Figura 91 – esquerda
Figura 92 – direita
Ligações feitas na
placa de circuitos
interna do Nunchuk

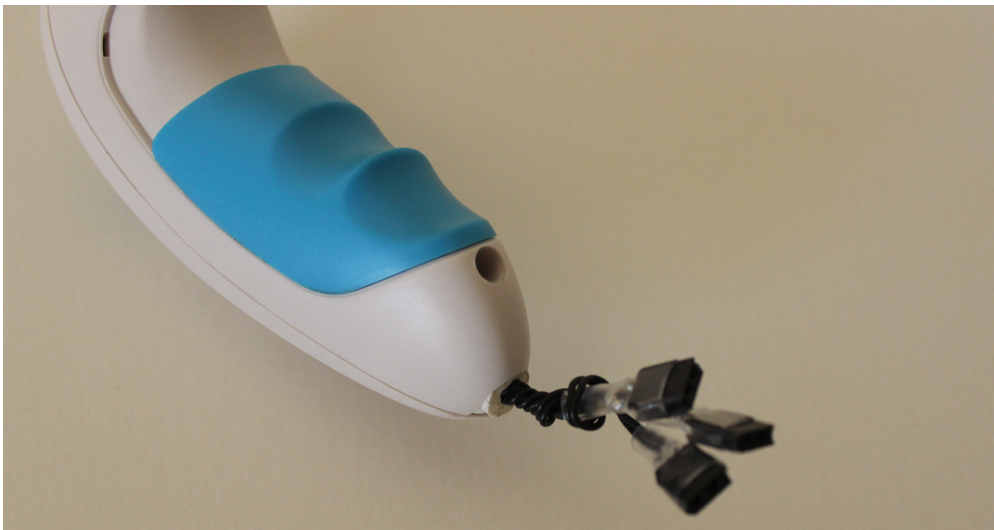


Figura 93
Aspecto final da
saída das ligações
implementadas
no Nunchuk



Figura 94
Utilização do Nunchuk

5.3 Concretização do Instrumento

Esta secção descreve o processo de convergência das várias interfaces implementadas. Apresenta, por ordem cronológica, os passos seguidos neste âmbito.

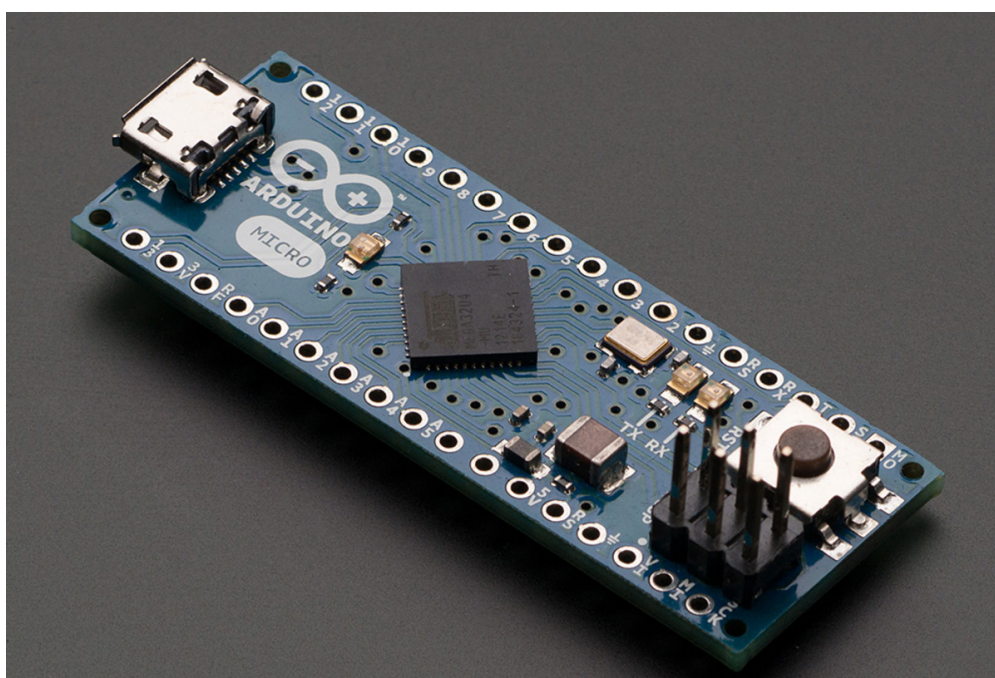
Devido à influência que os testes de usabilidade tiveram no desenvolvimento desta secção, estes serão referenciados sempre que forem considerados relevantes.

Arduino

À medida que cada uma das interfaces foi sendo concluída, foi necessário que começassem a ser ligadas em simultâneo a um único microcontrolador, que ficaria encarregado de receber todos os sinais gerados pelos sensores e os enviasse para a aplicação.

Considerando os requisitos do sistema concebido, foi escolhida e adquirida especificamente para este projecto a placa Arduino Micro (Figura 95) que, quando comparada com outras placas, não só tem dimensões mais reduzidas como oferece mais possibilidades de comunicação.

Figura 95
Arduino Micro



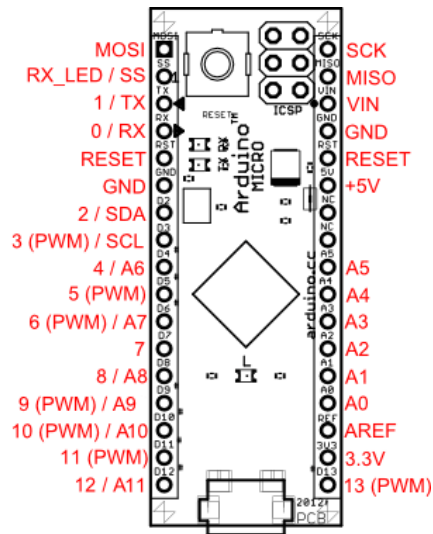


Figura 96
Mapeamento de *pins*
do Arduino Micro

Nesta escolha, um dos factores mais relevantes para este projecto foi o número de *inputs* analógicos. Para a interpretação dos sensores deste projecto são precisas sete entradas deste tipo e os microcontroladores mais populares, Arduino Uno, contam apenas com seis. As doze entradas que o Arduino Micro compreende (Figura 96, entradas A0–A11) são suficientes. Ficar-se-ia ainda com margem não só para lidar com possíveis danos que pudessem ocorrer nalguma das entradas como também para incluir mais ligações, caso se pretendesse adicionar sensores ou substituir algum dos existentes por um modelo mais complexo.

A ligação de todos os componentes electrónicos ao microcontrolador está retratada em esquemas nas próximas subsecções, elaborados através do *software* Fritzing, próprio para o efeito, e presentes também no capítulo reservado para os anexos.

Para facilitar a interpretação dos esquemas, na sua construção foi utilizado um código de cores nos cabos das conexões, legendado na lista seguinte.

Amarelo – obtenção de valores analógicos dos componentes.

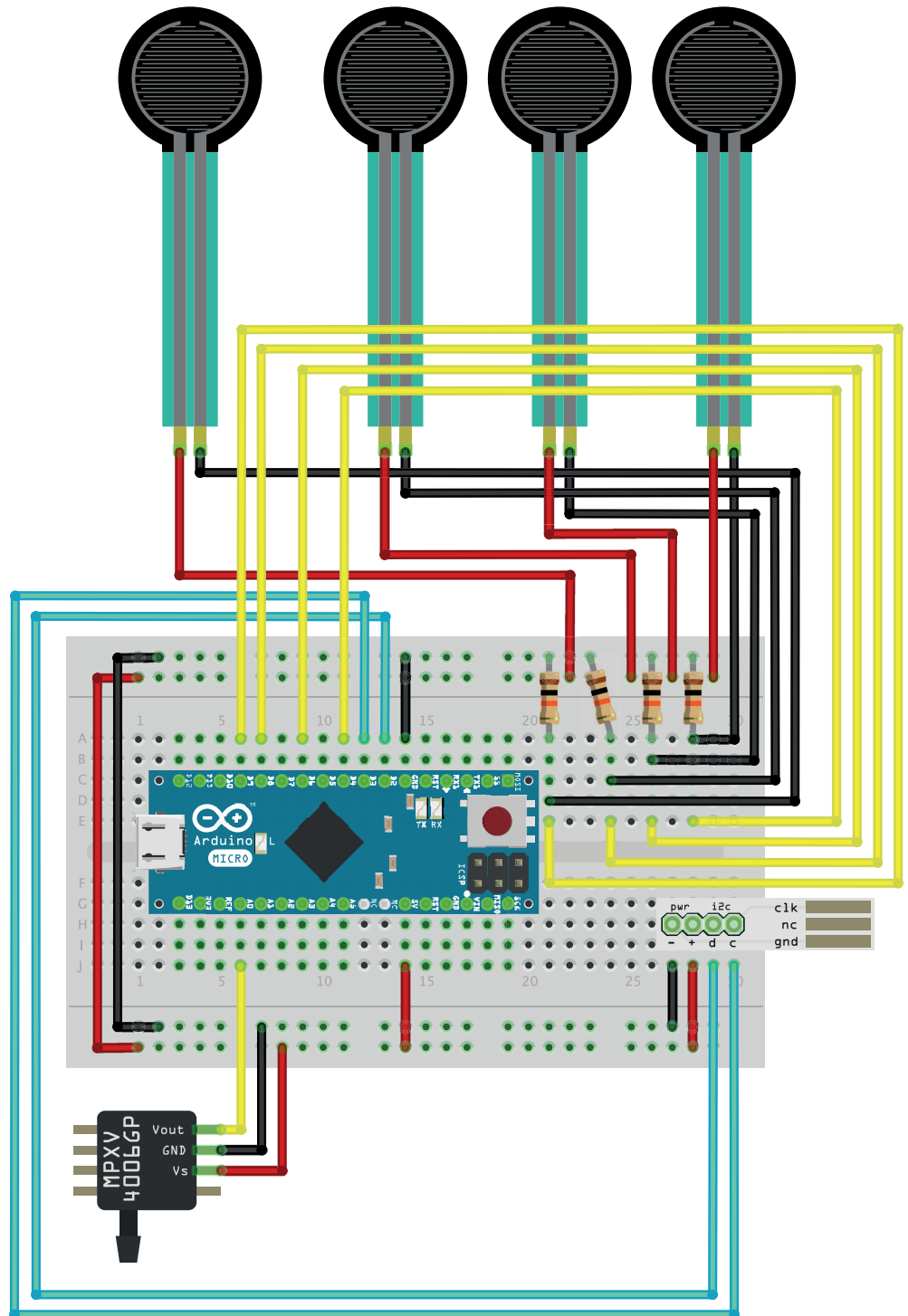
Verde – obtenção de valores digitais dos componentes.

Azul – comunicação feita através do protocolo I²C.

Vermelho e preto – fornecimento de energia aos componentes (pólos positivo e negativo, respectivamente).

5.3.1 Versão 1

Figura 97
Esquema do circuito do
primeiro protótipo
(versão ampliada
no Anexo A1)



O esquema da Figura 97 representa o circuito do primeiro protótipo. Os componentes que dizem respeito ao sensor de pressão barométrica e ao adaptador para o Nunchuk foram criados especificamente para os esquemas utilizados neste projecto. O sensor ainda não constava na base de dados do *software* e as versões do adaptador já existentes, criadas por utilizadores, careciam de algum rigor na representação gráfica.

É de notar que o Nunchuk não está presente no esquema, visto que as ligações são feitas no adaptador, e que a ligação com o computador, através de um cabo USB, também não está registada.

Tendo todas as interfaces ligadas e a funcionar correctamente, e antes de partir para construção do protótipo final, realizaram-se os primeiros testes de usabilidade no sentido de validar cada interface individualmente. O sistema utilizado nessa tarefa tomou a forma apresentada na Figura 98.

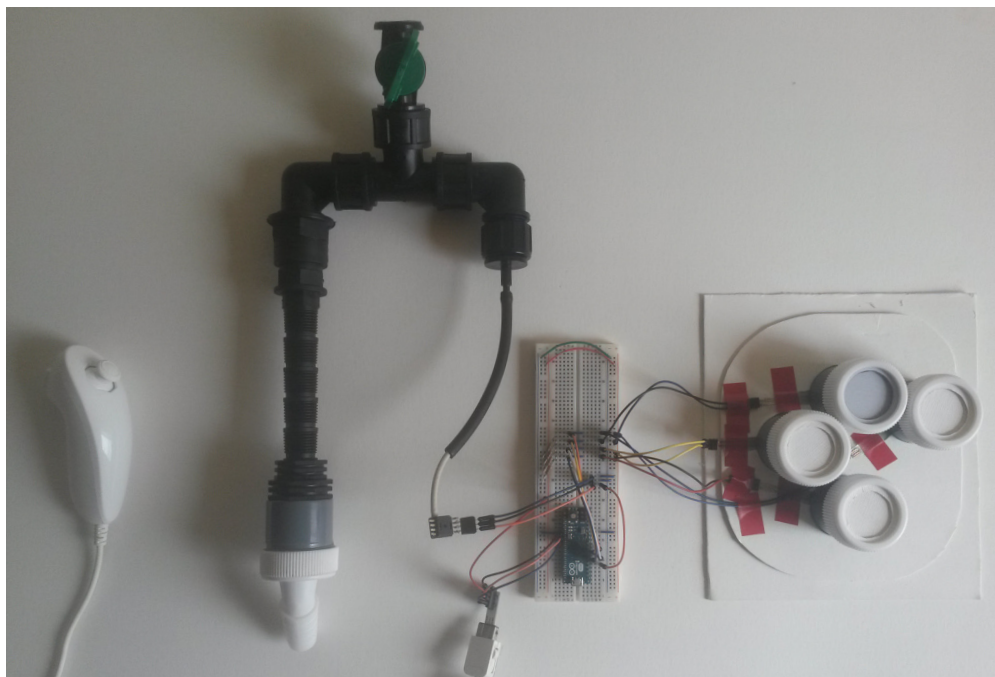


Figura 98
Primeiro protótipo funcional do sistema

Do *feedback* dos utilizadores, concluiu-se que as interfaces de sopro e de *joystick* cumpriam os requisitos eficientemente. A interface de toque apresentou as complicações enunciadas na secção anterior e foi refinada do modo supramencionado.

Para além disso, surgiram dificuldades na estabilidade da comunicação através do protocolo I²C e, por isso, optou-se por ligar directamente os componentes do Nunchuk ao microcontrolador. As alterações reflectem-se na próxima subsecção.

5.3.2 Versão 2

Com o esquema da Figura 99, na próxima página, pretende-se representar o circuito implementado no segundo protótipo. Contudo, devido às modificações aplicadas no Nunchuk, apresenta-se uma versão simplificada do mesmo, explicada de seguida.

A *breadboard* de baixo, mais pequena, simula a placa de circuitos interna do Nunchuk e inclui apenas os componentes do periférico relevantes à interface: o *joystick* e os dois botões.

No canto inferior direito estão representadas as conexões a este circuito, aglomeradas à semelhança do protótipo físico da Figura 93 na página 104, na secção anterior, onde é detalhada a solução aplicada.

Assim que se considerou que os problemas estavam resolvidos e que todas as interfaces operavam de modo satisfatório, começou-se a averiguar maneiras de as convergir num único objecto, sólido e portátil.

A forma da interface de sopro do protótipo anterior, na Figura 98 na página 108, já previa que esta fosse a estrutura do instrumento, onde as outras interfaces seriam acopladas. Esta decisão foi tomada devido à modularidade das peças utilizadas neste sistema, que permite a alteração fácil da estrutura do objecto. Ao garantir a versatilidade da forma é possível adaptar o instrumento conforme a fisionomia e as preferências do utilizador.

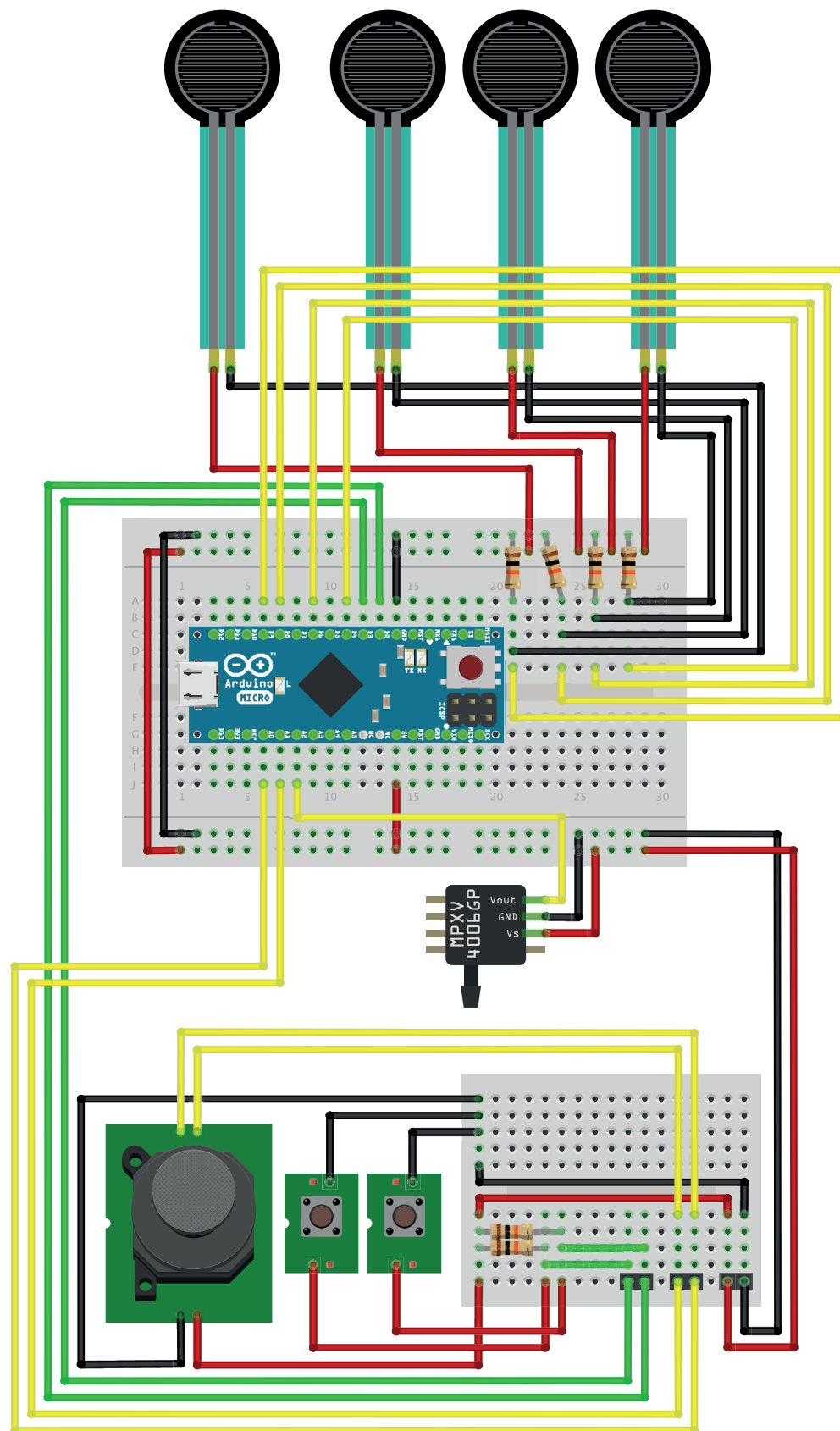


Figura 99
Esquema do circuito do segundo protótipo (versão ampliada no Anexo A2)

A interface de toque foi então adaptada e unida a uma peça de rega a ser incluída na estrutura. Para o efeito, foi criada uma peça de encaixe de madeira que serve de suporte aos sensores e permite a ligação à estrutura, demonstrada na Figura 100 e na Figura 101.

Ao acoplar a interface a uma das peças modulares, torna-se possível, graças aos seus encaixes, ajustar a sua posição alterando a zona da estrutura em que é colocada.

Figura 100
Peça da interface
de toque encaixada
num dos módulos



Figura 101
Interface de toque
completa e pronta a ser
integrada na estrutura



Na Figura 102 e na Figura 103 ilustra-se o efeito final da utilização da interface de toque, que permite suportar o objecto com a mão enquanto se utiliza cada uma das teclas confortavelmente.



Figura 102
Utilização da
interface de toque



Figura 103
Utilização da
interface de toque

A tentativa de implementar o mesmo tipo de solução no *joystick* revelou que não era possível atendendo aos meios disponíveis. Foram experimentados vários tipos de cola para o unificar com uma parte da estrutura mas nenhum aderiu solidamente ao material dos módulos. A pressão aplicada na operação normal do instrumento era o suficiente para que a união se desfizesse, interrompendo a sua utilização.

Procuraram-se outros métodos de encaixe mas não houve nenhum que correspondesse às exigências. Os que conseguiam unir as duas peças robustamente eram demasiado intrusivos: ao serem colocados numa das laterais do *joystick*, permitiam que este fosse acoplado apenas a um dos lados da estrutura.

De modo a manter a universalidade do instrumento, optou-se por fixar o *joystick* na estrutura utilizando uma braçadeira de plástico (Figura 104), que pode ser trocada sempre que se pretender mudar a interface de sítio.

Figura 104
Fixação do Nunchuk com
uma braçadeira de plástico



Esta solução revelou-se bastante robusta na medida em que as duas peças estão suficientemente seguras para permitir uma operação despreocupada do instrumento. No entanto, concede algum

movimento do *joystick* em relação à estrutura, o que não é ideal, mas este tipo de junção não o consegue impedir. Para minimizar este efeito, foram feitas algumas modificações no Nunchuk que permitem que a braçadeira possa ser mais apertada, restringindo de maneira satisfatória a movimentação entre as duas partes, como se ilustra na Figura 105 e na Figura 106.



Figura 105
Parte retirada do Nunchuk

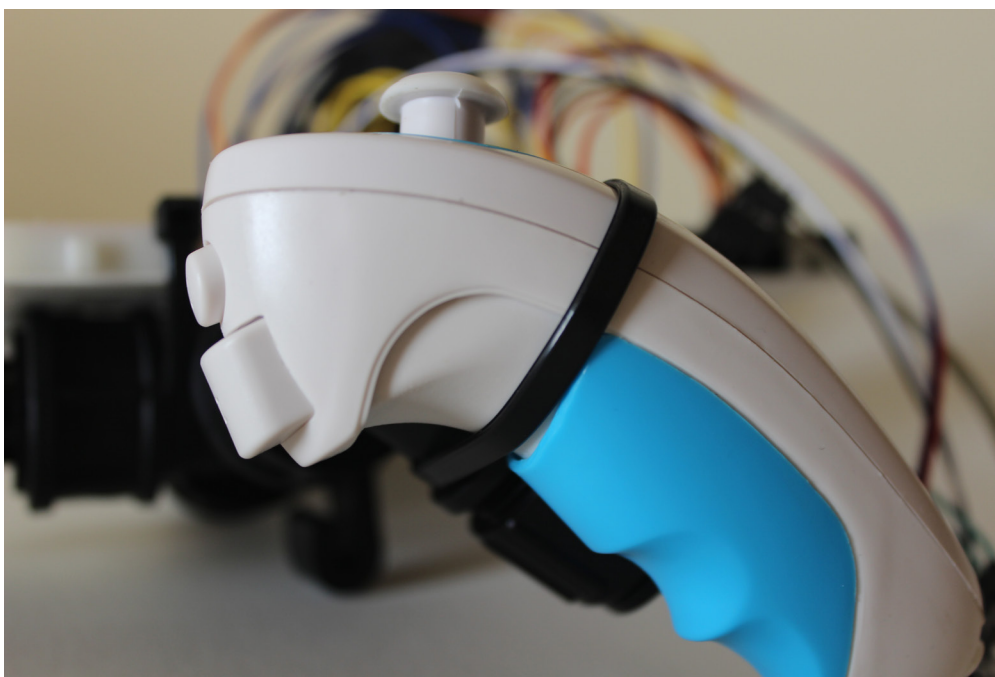


Figura 106
Integração do Nunchuk
na estrutura final

Na Figura 107 e na Figura 108 apresenta-se o registo da utilização dos botões e do *joystick* do Nunchuk, que, à semelhança da interface de toque, também permite suportar o objecto com a mão que lhe é dedicada.

Figura 107
Utilização do Nunchuk



Figura 108
Utilização do Nunchuk



Para a integração do microcontrolador, o ideal seria a impressão de um circuito específico, de dimensões reduzidas, que diminuísse a sua presença física no instrumento. Porém, atendendo ao carácter de protótipo que o objecto adquire neste projecto, isso foi considerado desnecessário e preferiu-se incluir a *breadboard*.

Tendo sido experimentadas várias opções de caixas rígidas para envolver o circuito, utilizando vários materiais disponíveis desde diferentes tipos de cartão a plástico, nenhuma oferecia uma integração estável no instrumento.

A solução mais viável encontrada foi a utilização de uma braçadeira de plástico, à semelhança do *joystick*, mas que, ao contrário dessa interface, foi a opção que restringiu mais firmemente os movimentos da *breadboard*. A junção pode ser vista na Figura 109.

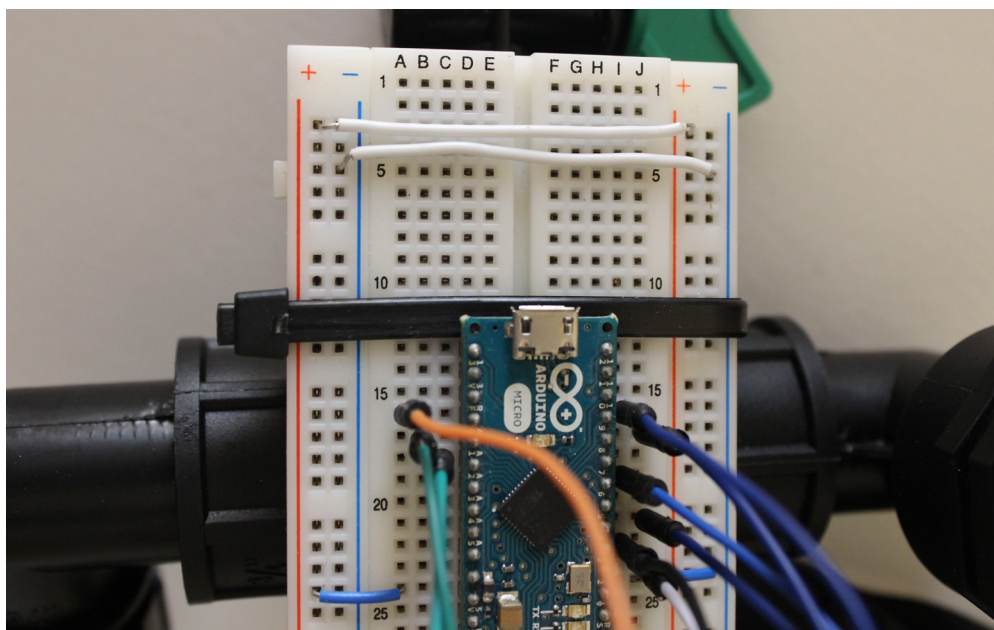
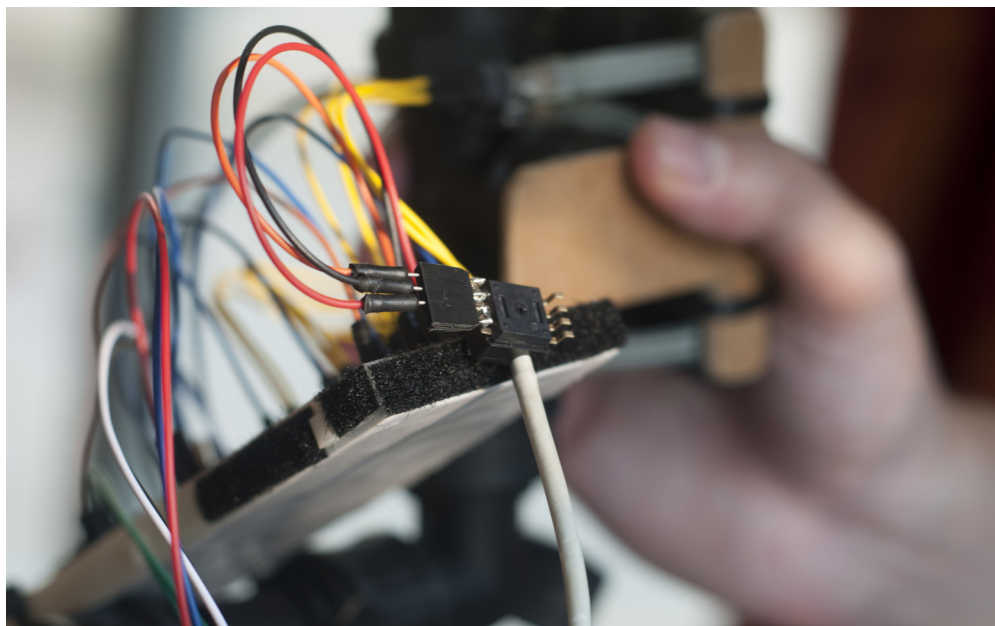


Figura 109
Fixação da *breadboard* com
uma braçadeira de plástico

Esta aproximação possibilita ainda um acesso imediato ao circuito, facilitando alterações resultantes de futuras melhorias que se pretendam implementar.

À *breadboard* adicionou-se ainda uma faixa de fixação por sistema gancho e argola — conhecido como Velcro — para que o sensor de sopro pudesse ser aplicado, permitindo a alteração fácil do seu ponto de fixação, como se pode verificar na Figura 110 da página seguinte.

Figura 110
Faixa de fixação
adicionada à *breadboard*



Finalmente, com o intuito de reforçar o conforto na operação do instrumento, decidiu-se incluir no objecto uma correia de suporte, à semelhança de outros instrumentos musicais.

Várias hipóteses foram estudadas e a que revelou ser mais adequada, pela sua versatilidade, foi um tipo de correia utilizado em guitarras acústicas. Esta viabiliza uma fácil integração no objecto e conta com várias possibilidades de ajuste, demonstradas em baixo na Figura 111 e na próxima página na Figura 112.

Figura 111
Fixação da correia
no instrumento





Figura 112
Utilização da correia para suportar o instrumento

A Figura 113 apresenta esta versão do protótipo finalizada e a Figura 114 ilustra a utilização de todas as interfaces desenvolvidas.

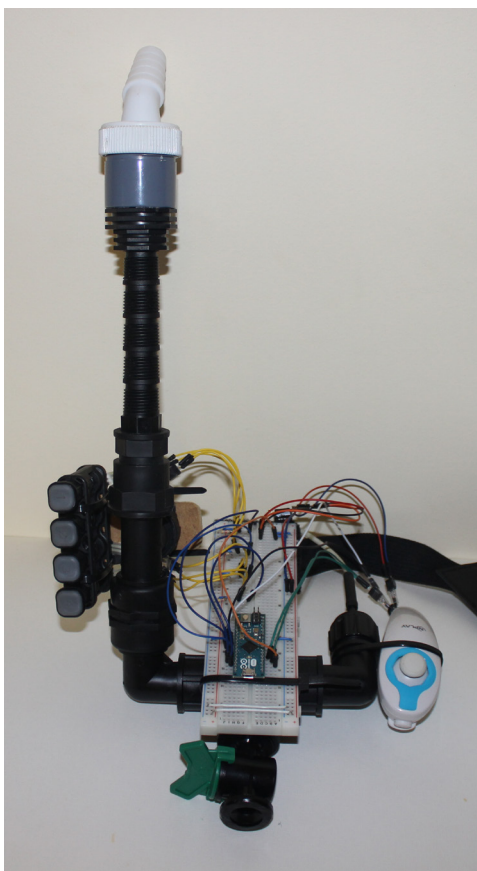


Figura 113 – esquerda
Segundo protótipo

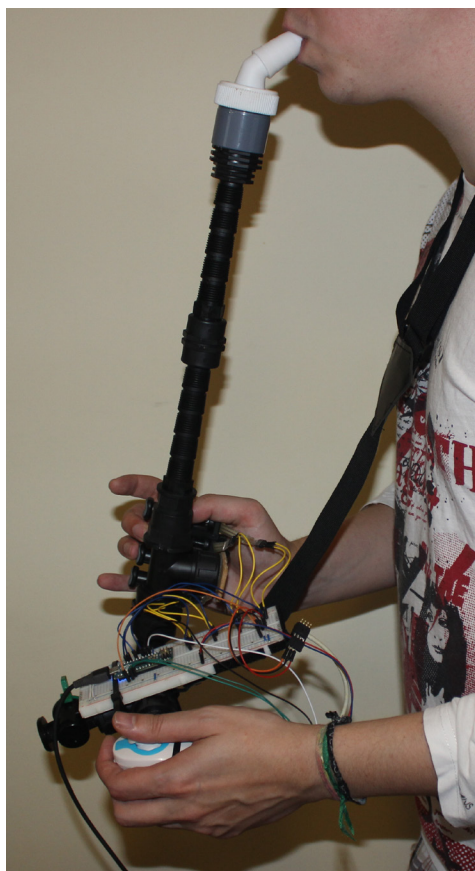


Figura 114 – direita
Utilização do segundo protótipo

5.3.3 Versão 3

Apesar de, na versão anterior, o protótipo desenvolvido estar completamente operacional, alguns aspectos podiam ser melhorados no âmbito da ergonomia do instrumento.

Um dos pontos em questão era o equilíbrio da composição da estrutura do instrumento pelas duas mãos, como podemos observar na Figura 113 da página anterior, em que as interfaces de cada mão têm distâncias diferentes ao eixo da interface de sopra.

Esta diferença induz uma posição de utilização pouco confortável na medida em que os braços não ficam centrados com o resto do corpo. Para além disso, desvia o centro de massa do instrumento, o que provoca uma distribuição discrepante do peso pelas duas mãos e amplia o desconforto.

Concebeu-se então uma nova estrutura para equilibrar a distribuição do peso. Partiu-se de um eixo central que, com o intuito de concentrar nesta zona o maior número de componentes, serve de suporte à *breadboard* e ao mesmo tempo faz o encaminhamento de ar desde o bocal até à peça de escoamento.

Realizaram-se algumas experiências e, para acoplar as interfaces dedicadas às mãos, a disposição que mais se adequou foi colocá-las em alturas diferentes do instrumento para ser mais fácil controlar a sua posição, evitando que seja necessário dispensar algum do esforço aplicado para equilibrar o bocal.

Devido à diferença entre as posições das mãos ao utilizar as duas interfaces, decidiu-se que a interface de toque seria acoplada na zona superior da estrutura e o *joystick* na zona inferior. A Figura 114 da página anterior, que diz respeito à segunda versão do protótipo, ajuda a perceber que, se a interface estivesse colocada mais perto do bocal, todo o membro superior do lado da interface de toque, neste caso o direito, beneficiaria de uma posição mais natural.

Ao permitir que as direcções da mão e do antebraço estejam alinhadas na utilização da interface, esta alteração evita que o pulso esteja em tensão para as compensar, como acontecia anteriormente.

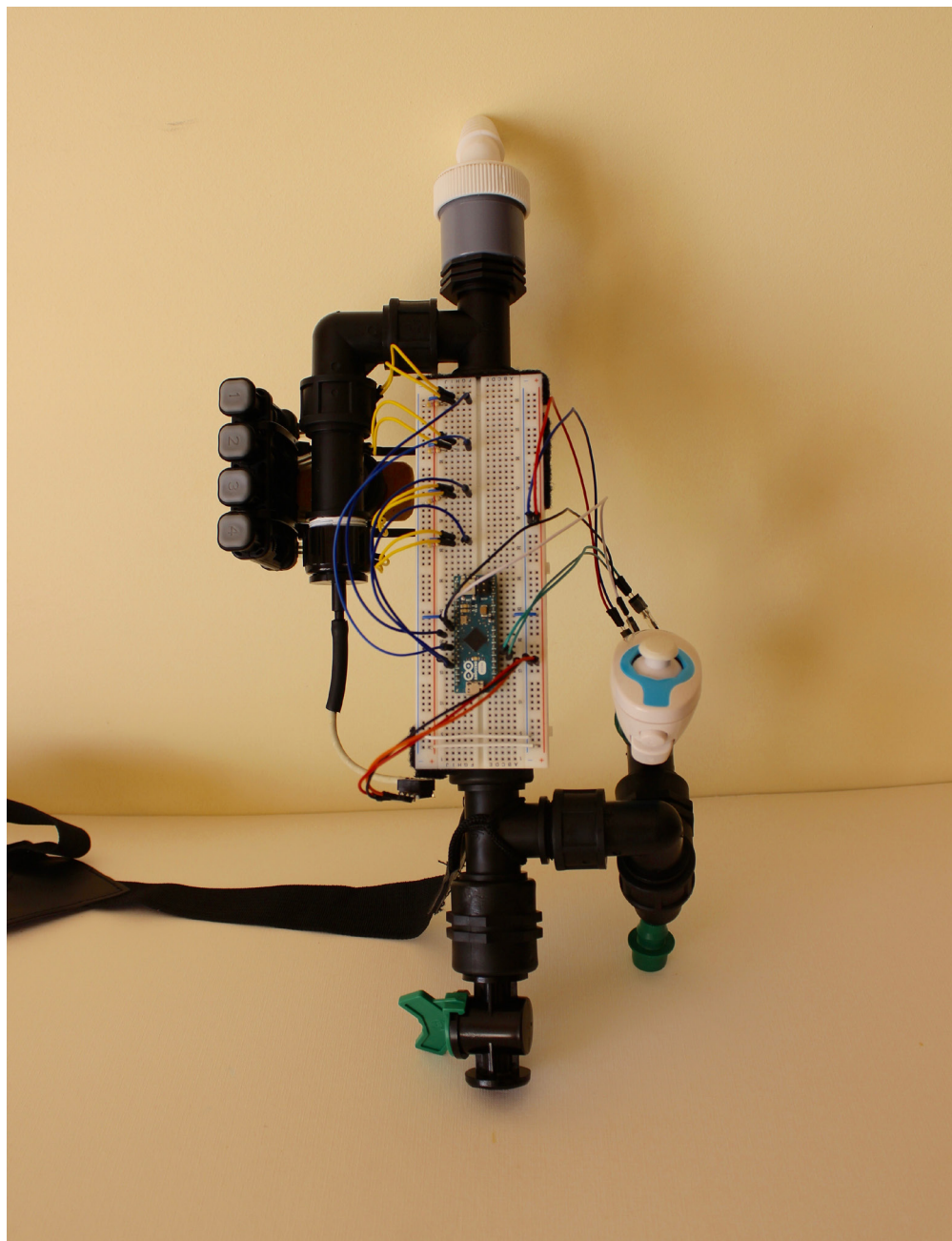


Figura 115
Terceiro protótipo



Figura 116 – esquerda
Peça de junção para
mangueiras de jardim



Figura 117 – direita
Modificações nas
componentes da
peça de junção

Na Figura 115 da página anterior apresenta-se a estrutura com as modificações supramencionadas.

Para além destas correcções, pretendia-se nesta versão melhorar a forma como o *joystick* estava fixo no instrumento. Como foi referido na secção anterior, a robustez desta junção não foi considerada plenamente satisfatória.

Surgiu a ideia de utilizar parte de uma peça que serve para fazer a junção entre os módulos do sistema de rega e mangueiras de jardim. A peça é apresentada na Figura 116 da página anterior e a componente em questão encontra-se do lado direito. Tendo em conta que esta peça é feita a partir de um material diferente que o das peças modulares, teorizou-se que seria possível acoplar-lhe o *joystick*, para poder então encaixar-se nos módulos da estrutura.

Para reforçar a estabilidade da conexão, fizeram-se algumas modificações na peça. Utilizando um soprador térmico, aqueceu-se a peça e moldou-se a sua forma, para a adaptar à forma do *joystick*, e posteriormente foi perfurada para permitir a passagem dos fios. A peça modificada está representada no lado direito da Figura 117, na página anterior, e o resultado final da conexão na Figura 118.

Aproveitou-se ainda a possibilidade de conectar o *joystick* a uma das peças modulares para criar um sistema que permite ajustar a sua posição, como se pode ver no final desta secção, na Figura 122 na página 124.

Figura 118
Fixação do *joystick* na peça
concebida para o efeito



No entanto, pretendia-se que fosse possível controlar a quantidade de ar que é escoado, incluindo a possibilidade de fechar completamente o circuito, e esta junção concedia a fuga do fluxo de ar do instrumento.

Decidiu-se, então, alterar o local onde o ar é encaminhado para o sensor, que na versão anterior era feito na zona do *joystick*, e isolou-se toda a secção da estrutura desde a peça que provém do eixo central.

Para o fazer aproveitou-se a outra componente da junção para mangueiras de jardim. Foi então envolvida em cola quente para obstruir o orifício e posicionada entre as duas peças modulares pretendidas, como se pode ver na Figura 119 e na Figura 120.



Figura 119
Isolamento da secção
do *joystick* do resto
da estrutura

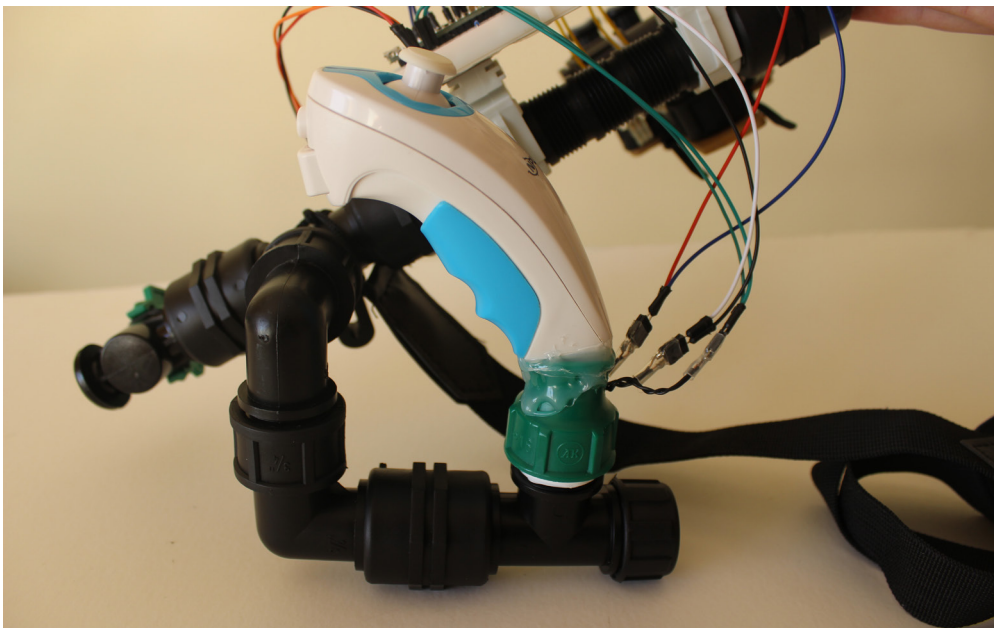


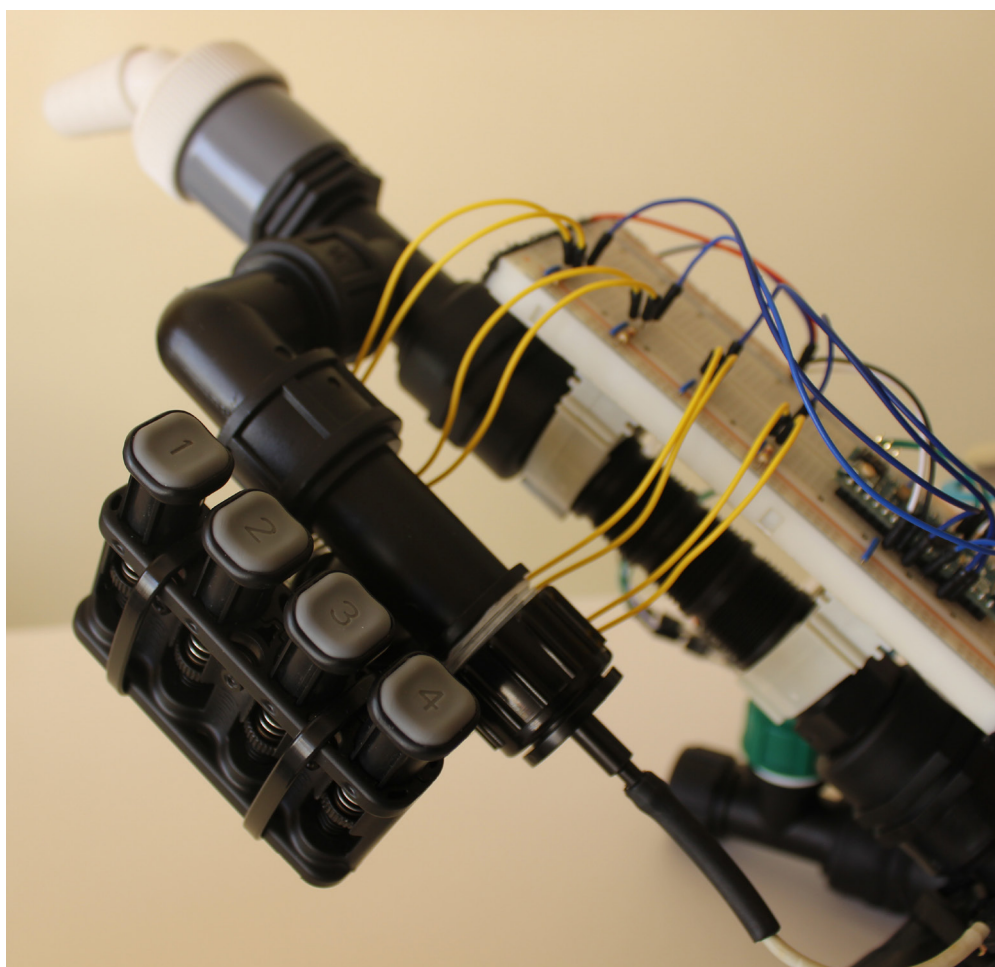
Figura 120
Aspecto final do
acoplamento do *joystick*

A zona da estrutura onde o *joystick* se insere ficou então vedada e, como previsto, alterou-se a posição do adaptador que liga a estrutura ao sensor de sopro. Optou-se por utilizar a terminação da peça dedicada à interface de toque, que nesta versão se situa na zona superior do instrumento.

Para finalizar, esta estrutura permitiu a fixação da *breadboard* em dois pontos de contacto, oferecendo mais estabilidade. Para ligar aos vários componentes do instrumento, prefere-se que a *breadboard* seja colocada no seu centro e a existência deste eixo central possibilita utilização de outro tipo de braçadeiras, próprias para a fixação em tubos.

Na Figura 121 pode-se observar a interface de toque, o adaptador utilizado para o sensor de sopro e a *breadboard* posicionados na nova estrutura.

Figura 121
Plano aproximado do
terceiro protótipo



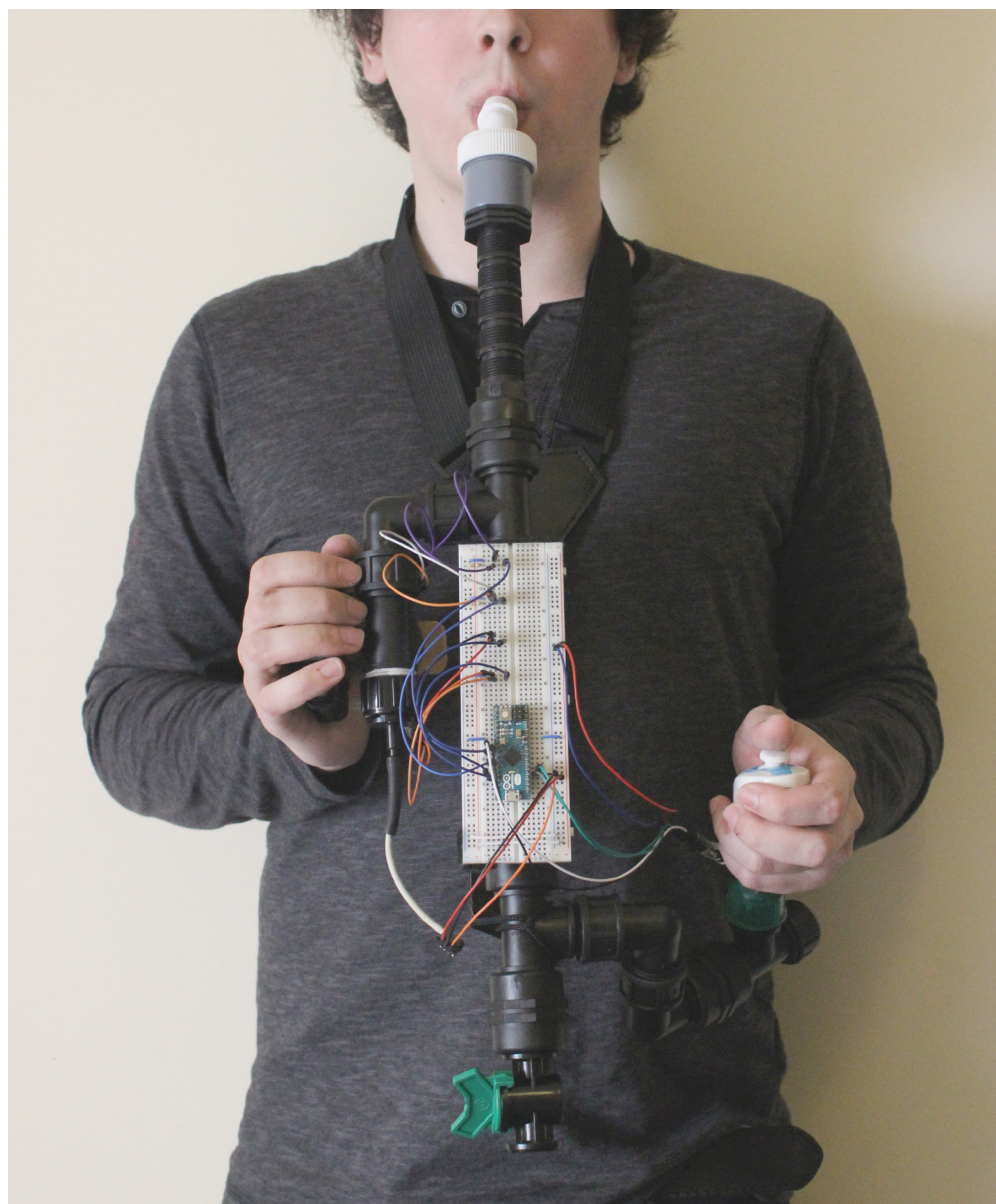


Figura 122
Utilização do
terceiro protótipo

Note-se que os componentes electrónicos utilizados nas interfaces mantiveram-se e portanto não houve quaisquer alterações no que diz respeito ao circuito electrónico, aplicando-se o esquema da Figura 99 na página 110 também ao circuito desta versão.

Para uma melhor observação do circuito, o Anexo A3 do último capítulo trata-se de uma fotografia de um plano aproximado do circuito deste protótipo final. É ainda apresentado no Anexo A4 um esquema que figura esse circuito, correspondendo as cores e as posições de todos os componentes na *breadboard*.

5.4 Computação da Música

Esta secção descreve o processo de desenvolvimento da aplicação. Muitas decisões que dizem respeito a esta fase do desenvolvimento foram já tomadas nas secções anteriores, devido à implicação que estes aspectos têm na escolha da interface.

Visando responder a todas as imposições definidas, procedeu-se ao desenvolvido de uma aplicação que gerasse conteúdos musicais a partir dos dados a obter pelas interfaces.

Apresenta-se uma organização por subsecções, distribuídas pelas ferramentas abordadas no desenvolvimento da aplicação: Arduino, Max/MSP, MIDI e Processing.

5.4.1 Arduino

A operação da plataforma Arduino foi bastante fácil de aprender e de implementar. No que diz respeito a este projecto, é importante referir algumas características da ferramenta que tiveram influência no seu emprego.

Atendendo que é uma ferramenta que trata da interpretação de sinais auferidos por sensores, há que distinguir dois tipos de *input* — entrada de sinal — que se podem obter: digital e analógico.

Input digital

Refere-se a sinais booleanos, que só podem assumir dois estados (0 ou 1; verdadeiro ou falso). É utilizado em sensores em que apenas se pretenda distinguir entre activado ou desactivado, a informação da presença ou da ausência de uma característica do meio.

Para a geração de sinal o seu funcionamento consiste em passar corrente pelo componente que, dependendo do seu estado, completa o circuito (deixando passar corrente) ou interrompe-o (cortando a

passagem de corrente). Isto significa que será enviado um sinal de 0V (zero volts, a ausência de sinal) ou com um valor positivo de voltagem que depende da fonte de energia utilizada e das características do circuito, mas que normalmente em microcontroladores se convencionou nos valores de 3.3V ou 5V.

O microcontrolador recebe esse sinal através da entrada à qual o sensor está ligado e faz a sua tradução para uma variável booleana.

A utilização deste tipo de *inputs* neste projecto está presente nos botões do *joystick*: apenas se pretende saber se, num determinado momento, estão a ser premidos ou não.

Input analógico

Concerne a sinais que possam tomar a forma de vários estados e é utilizado em sensores que meçam grandezas físicas.

Ao introduzir o componente num circuito, apenas deixa passar um sinal com um valor de voltagem que se relaciona com a medição efectuada. Dependendo do valor obtido na grandeza que se propõe quantificar, a corrente que passa varia entre os valores mínimo e máximo de voltagem, que geralmente são os supramencionados (0V–3.3V ou 0V–5V).

As entradas analógicas do microcontrolador estão preparadas para interpretar esse sinal e traduzi-lo numa variável cuja escala, para os efeitos deste projecto, conta com 1024 valores (0–1023).

Este tipo de *inputs* é utilizado nos restantes sensores: no sensor de sopro para medir os vários valores de pressão originada pelo utilizador, nos quatro sensores de toque para medir a quantidade de força exercida por cada um dos dedos e nos dois eixos de actuação do *joystick* que, dependendo do deslocamento que o utilizador lhe emprega, gera dois sinais distintos, um para cada dimensão que descreve a sua posição num determinado momento.

Na definição da aplicação não se verificou necessária a utilização de *outputs*, que poderiam ser utilizados para influenciar componentes electrónicos de um circuito, como a geração de som numa coluna ou de imagem num ecrã.

Definiu-se que estas áreas de actuação teriam lugar no computador e, por isso, o único *output* utilizado é a comunicação com o mesmo, feita através de um cabo USB, que usa a porta Serial do Arduino, própria para o efeito.

5.4.2 Max/MSP

Por se ter decidido inicialmente que o *software* Max/MSP seria o ideal para controlar o som do modo desejado, foi necessário proceder a uma aprendizagem sobre a sua utilização antes de começar a desenvolver a aplicação propriamente dita. Esta familiarização foi acompanhada pelos manuais de Alessandro Cipriani e Maurizio Giri (2010 e 2014), por ser um projecto referenciado na página *web* do *software*.

Devido à complexidade do programa, ao modo peculiar de operação e ao vasto leque de funções que oferece — que o destacam dos outros programas — este foi um processo que requereu mais tempo que o previsto, até que houvesse alguma destreza na sua utilização.

Foram também estudados e postos em prática vários algoritmos de Physical Modelling Synthesis — nome dado ao âmbito dos estudos feitos no sentido de modelar sons acústicos, baseados nas suas propriedades físicas —, aplicando-os no Max/MSP. Nesta fase foi utilizada colecção de objectos PeRColate, desenvolvida por Dan Trueman e Luke DuBois, aplicando modelos físicos baseados no The Synthesis Toolkit criado por Perry R. Cook e Gary Scavone.

Deste modo, desenvolveu-se uma aplicação capaz de simular o som de vários instrumentos musicais. Não obstante algumas limitações, foi possível controlar as propriedades do som produzido através dos parâmetros introduzidos nos algoritmos.

Para comunicar entre o Processing, encarregue de interpretar os valores do micro-controlador, e o Max/MSP foi utilizado o protocolo OSC (Open Sound Control), desenvolvido especificamente para a

comunicação entre vários dispositivos multimédia com o intuito da criação musical.

Apesar de simples, a utilização deste protocolo requereu alterações no modo como a informação estava a ser manipulada. Com a ligação estabelecida elaborou-se um protótipo funcional e obter a primeira experiência completa da criação musical pretendida (Figura 123).

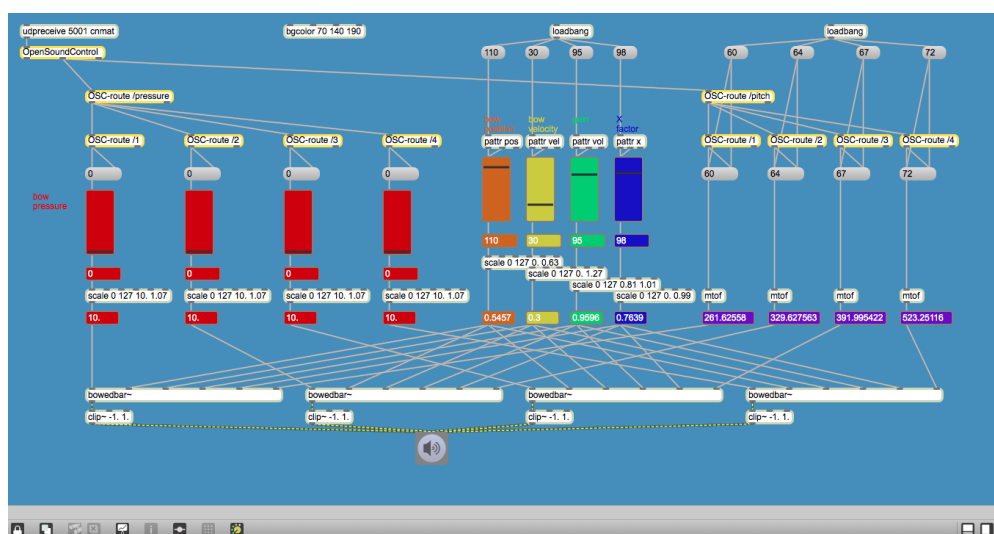


Figura 123
Patch de Max/MSP criada para os primeiros testes de usabilidade (versão ampliada no Anexo B2)

Embora tenha permitido concluir que o sistema interativo concebido era funcional, o controlo do som em si ficou muito aquém das expectativas, permitindo apenas a manipulação do som num registo tonal reduzido – limitação imposta pelos algoritmos.

Analisando o modo de funcionamento da aplicação, o Processing recebia e interpretava os valores do micro-controlador para posteriormente transmitir instruções de alterações na frequência e intensidade para o Max/MSP, onde apenas se controla o timbre.

Esta abordagem tratava, portanto, o Max/MSP como um sintetizador que, apesar de permitir o controlo de timbres personalizados, tinha muitas limitações.

Atendendo que este controlo foi considerado, nesta fase, irrelevante para o projecto, em vez de continuar a trabalhar nos algoritmos que tiram partido do Max/MSP apenas como um sintetizador, concluiu-se que para este efeito seria mais acertado comunicar com um sintetizador existente utilizando a norma MIDI.

5.4.3 MIDI

Como foi referido na secção anterior, pretendia-se nesta fase utilizar a norma MIDI para comunicar com sintetizadores existentes. Esta secção retrata ainda os momentos em que esta ferramenta é utilizada juntamente com outra, o Processing.

Fazer uso desta a linguagem de programação para implementar a norma MIDI implica a utilização de bibliotecas específicas para este fim. Foram experimentadas todas as bibliotecas integrantes da lista constante no site oficial da linguagem de programação e considerou-se mais adequada a The MidiBus.

Esta biblioteca prevê a utilização do Java Sound Synthesizer (SMITH, 2015), um sintetizador de som próprio do Java (plataforma sobre a qual o Processing opera). No entanto, o Processing não o detecta e, na tentativa de resolução do problema, não foi encontrada nenhuma informação recente que se revelasse útil.

Concluiu-se, pelos testemunhos encontrados em páginas *web*, que terá sido bastante acessível e fácil de aplicar mas que já não é disponibilizado, sendo portanto necessário o uso de um sintetizador desenvolvido por terceiros.

Encontrar um sintetizador adequado não foi um processo tão simples quanto se tinha previsto. Devido aos requisitos impostos pelo funcionamento do Processing e da biblioteca The MidiBus, apenas uma parte dos sintetizadores existentes são passíveis de ser utilizados — principalmente dentro das versões gratuitas.

Há duas possibilidades de ligação: detectando o sintetizador no Processing e escolhendo-o directamente — como se faria com o Java Sound Synthesizer — ou criando uma porta virtual MIDI no computador, que é garantidamente detectada pelo Processing, e que recebe os valores e os encaminha para qualquer aplicação que se conecte para os receber.

Praticamente, isto significa que o sintetizador ou tem de ser detectado pelo Processing, permitindo a comunicação directa entre as duas aplicações, ou tem de ter a possibilidade de se seleccionar a fonte

MIDI, para que se possa escolher a porta virtual — particularidade a que nem todos obedecem por partirem do princípio que a primeira opção é sempre executável.

Depois de experimentar várias aplicações desenvolvidas para este fim decidiu-se usar o SimpleSynth para Mac OSX — desenvolvido por Pete Yandell — que, apesar de ter uma interface gráfica pouco desenvolvida (ver Figura 124), cumpre eficazmente os requisitos necessários e suporta as duas possibilidades de ligação mencionadas.

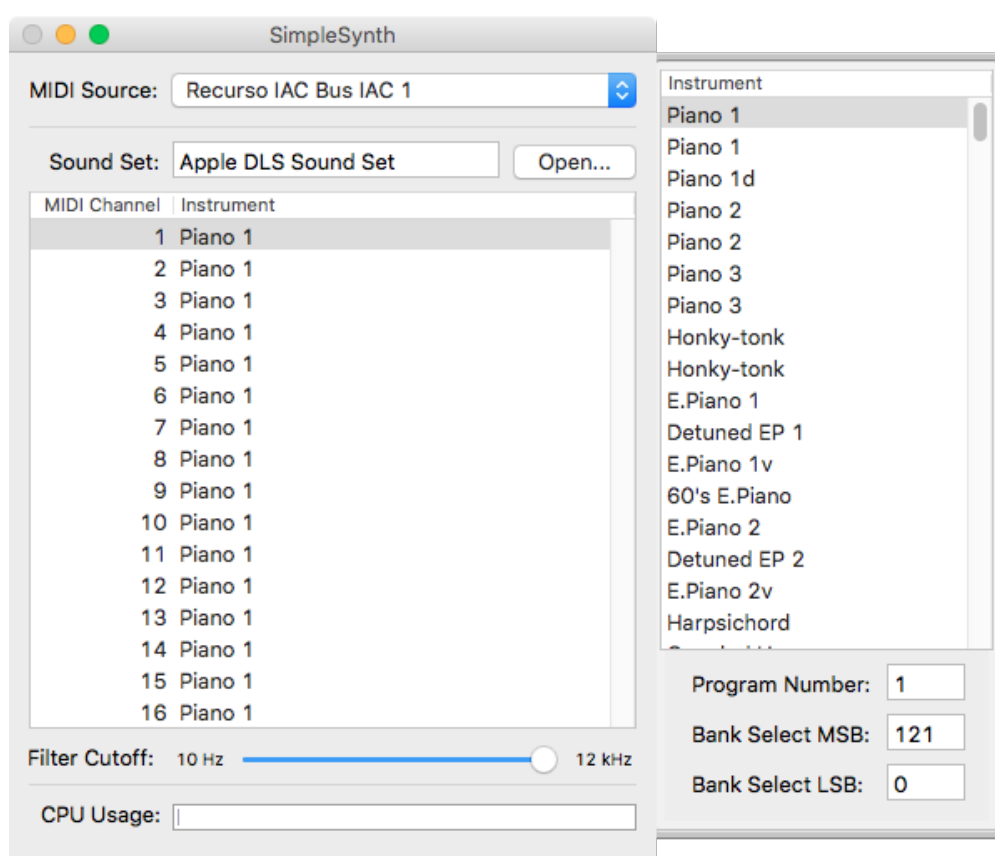


Figura 124
Interface gráfica
do SimpleSynth

Com a ligação a um sintetizador estabelecida, pôde-se proceder ao desenvolvimento da aplicação, começando pelas alterações impostas pela norma MIDI, que exige um tratamento diferente dos dados e uma lógica de funcionamento diferente à que já tinha sido implementada.

Enquanto que na aplicação desenvolvida para o Max/MSP, se enviam instruções sempre que os sensores estão a detectar valores, e assim se gera e controla o som de forma contínua, na utilização de

MIDI é necessário enviar uma instrução específica para dar início a uma nota, outro tipo de instrução para alterar um dos valores (como a intensidade) e ainda outra mensagem específica para que a nota cesse.

No Max/MSP a aplicação utiliza os valores das frequências pretendidas para gerar sons. Ao fazê-lo de forma contínua, é possível alterar ligeiramente o valor da frequência que se está a enviar para controlar o efeito de *pitchbend*.

Por outro lado, em MIDI cada nota tem um número sequencial convencionalizado, sendo comum fazer-se a comparação a um piano com 128 teclas numeradas. Por exemplo, enviando a instrução para tocar a nota com o valor 0 o sintetizador gera o Dó da escala mais baixa do seu registo (HEWITT, 2008). Para além de ser necessária a conversão para estes valores específicos, não é possível aplicar o *pitchbend* da mesma maneira: se alterarmos o valor enviado é atribuída outra nota.

Apesar de ser utilizado frequentemente e os sintetizadores já reconhecerem esta mensagem que controla este efeito, entre outras (HASS, 1999), o *pitchbend* não faz parte das funções estabelecidas pela norma MIDI, o que significa que não existe nenhuma função na biblioteca The MidiBus que permita este controlo.

Para pôr este efeito em prática, foi necessário perceber a mensagem que os sintetizadores interpretam (DOBRIAN, 2014) e escrever uma função que permite criar e enviar a mensagem com os valores desejados, de modo a poder manipular o efeito controladamente.

No que diz respeito à escolha do timbre, aplica-se a mesma situação. Inicialmente a escolha era feita directamente no sintetizador, mas para que todos os controlos possam ser feitos a partir da aplicação principal, em Processing, desenvolveu-se uma função que envia uma mensagem que permita manipular este aspecto.

No entanto, não é possível obter a lista de instrumentos que um sintetizador oferece. Para poder apresentar uma lista de instrumentos na aplicação, decidiu-se utilizar a norma ditada pela especificação General MIDI System Level 1, que se destina a dispositivos de som que utilizam a norma MIDI e se trata de uma definição de aspectos e requerimentos. Uma destas imposições é o GM 1 Sound Set, uma lista de 128 de instrumentos que os dispositivos devem reconhecer.

É de notar que, apesar de ser uma especificação amplamente utilizada, nem todos os sintetizadores seguem esta norma e que, para que haja uma correspondência entre os sons escolhidos na aplicação e o som produzido pelo sintetizador utilizado, é importante que este atenda à especificação — como é o caso do SympleSynth.

5.4.4 Processing

Depois de concebidas as funções que permitem comunicar com o sintetizador, descritas na secção anterior, procedeu-se à criação de algoritmos que gerassem os valores a ser enviados para o sintetizador — tais como a intensidade, os tons das notas e os efeitos de distorção — implementando os aspectos teóricos enunciados na Secção 5.1.

É de notar que a aplicação foi concebida no idioma inglês por várias razões. A pesquisa teórica foi feita com bibliografia escrita nesse idioma e o seu uso facilitou a implementação dos conceitos.

Além disso, na língua portuguesa alguns termos musicais não estão bem definidos ou são ambíguos, como é o caso supracitado da palavra tom que se pode referir ao o tom da nota, o tom da música ou o intervalo de um tom, que em inglês são distinguidos pelas palavras *key*, *pitch* e *tone*, respectivamente.

Por último, é importante notar que, apesar da notação dos tons das notas diferir nos dois idiomas, a notação inglesa é amplamente reconhecida por músicos portugueses. Aplicar o sistema em inglês torna a aplicação mais universal, atendendo às condições actuais do alcance deste idioma. A correspondência dos nomes dos tons Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá e Si é, respectivamente, C, D, E, F, G, A e B.

Por questões de coerência entre as explicações e a interface gráfica da aplicação, nesta subsecção utilizar-se-á a notação no idioma inglês, cujos termos correspondem aos da notação portuguesa presente no estudo teórico.

Depois de tomada esta decisão, procedeu-se ao desenvolvimento da aplicação. Como explicado na secção teórica, para poder tocar uma música é preciso escolher uma escala. Visando a definição da mesma, começou-se por desenvolver funções que permitissem escolher o seu tom e a sua tonalidade.

Tons

Para definir o tom, a aplicação utiliza uma tabela que corresponde os nome das notas naturais ao seu o valor MIDI e para as restantes notas é feita a correspondência já explicada. Porém, nem todas as escalas preferem o uso dos mesmos tons. Por exemplo, como se pode ver no Círculo de Quintas (Figura 40 na página 73), enquanto que a tonalidade Maior prefere o uso do A^b e do D^b , a tonalidade Menor prefere o uso do $G^\#$ e do $C^\#$, respectivamente.

Por conseguinte, acrescentaram-se aos nomes das notas naturais os seus enarmónicos, nos casos em que existem. Os tons resultantes e a correspondência ao seu valor MIDI formam a lista a seguinte lista:

- 0 – C / $B^\#$
- 1 – D^b / $C^\#$
- 2 – D
- 3 – E^b / $D^\#$
- 4 – E / F^b
- 5 – F / $E^\#$
- 6 – G^b / $F^\#$
- 7 – G
- 8 – A^b / $G^\#$
- 9 – A
- 10 – B^b / $A^\#$
- 11 – B / C^b

Os valores apresentados referem-se à oitava mais baixa do registo MIDI. Para calcular o nome do tom de um valor mais alto basta encontrar o valor entre 0 e 11 ao qual é possível adicionar um múltiplo de 12.

Escalas

Para a aplicação de uma tonalidade num tom, formando uma escala, introduziu-se na aplicação o padrão de intervalos de cada uma das tonalidades, apresentado na lista em baixo:

Major – 0, 2, 4, 5, 7, 9, 11 e 12

Minor – 0, 2, 3, 5, 7, 8, 10 e 12

Harmonic Major – 0, 2, 4, 5, 7, 8, 11 e 12

Melodic Major – 0, 2, 4, 5, 7, 8, 10 e 12

Harmonic Minor – 0, 2, 3, 5, 7, 8, 11 e 12

Melodic Minor – 0, 2, 3, 5, 7, 9, 11 e 12

Deste modo é possível calcular os valores dos tons das notas de uma escala, incrementando ao valor do tom da escala cada um dos intervalos da tonalidade. Por exemplo, os valores MIDI dos tons da escala D Major (Ré Maior) são 2, 4, 6, 7, 9, 11, 13 e 14 e os da escala C Harmonic Minor (Dó Menor Harmónica) são 0, 2, 3, 5, 7, 8, 11 e 12.

Acordes

Pretende-se calcular os sete acordes básicos da progressão da escala escolhida, baseados nos sete tons diferentes da escala. Apesar de cada escala ter oito tons, como se pode perceber na explicação acima, o último tom é sempre o mesmo que o primeiro porque a escala compreende uma oitava completa. Para fazer este cálculo, a partir da posição do valor da tónica do acorde procuram-se os valores na terceira e na quinta posições na progressão da escala. Por exemplo, na escala D Major, mencionada acima, resultariam os seguintes tons:

1º acorde – 2, 6 e 9

2º acorde – 4, 7 e 11

3º acorde – 6, 9 e 13

4º acorde – 7, 11 e 14

5º acorde – 9, 13 e 16

6º acorde – 11, 14 e 18

7º acorde – 13, 16 e 19

Numa fase avançada da concepção da aplicação entendeu-se que se deveria apresentar os nomes dos tons e dos acordes obtidos. Para obter esta informação foi necessário categorizar cada acorde na sua qualidade, avaliando as relações entre os seus tons. Para possibilitar este processo, foi introduzida na aplicação a seguinte correspondência entre as qualidades de acorde e os padrões de intervalos de cada uma:

Major – 0, 4 e 7.

Minor – 0, 3 e 7.

Diminished – 0, 3 e 6.

Augmented – 0, 4 e 8.

Para que os nomes dos acordes pudessem ser incluídos nas secções do octógono que os representam de maneira a que o texto tivesse dimensões que facilitassem a interpretação, surgiu a necessidade de os abreviar. Das notações convencionadas referidas por Nettles e Graf (1997, pp. 22-24), utilizou-se uma das que requer menos caracteres:

b – b (letra “B” minúscula)

– # (cerquilha)

Major – maj

Minor – min

Diminished – dim

Augmented – aug

Os acordes formados no exemplo anterior, analisando a tónica e os seus intervalos com os restantes tons, teriam a seguinte notação:

1º acorde – 2, 6 e 9	(2+0, 2+4 e 2+7)	D maj
2º acorde – 4, 7 e 11	(4+0, 4+3 e 4+7)	E min
3º acorde – 6, 9 e 13	(6+0, 6+3 e 6+7)	F# min
4º acorde – 7, 11 e 14	(7+0, 7+4 e 7+7)	G maj
5º acorde – 9, 13 e 16	(9+0, 9+4 e 9+7)	A maj
6º acorde – 11, 14, 18	(11+0, 11+3 e 11+7)	B min
7º acorde – 13, 16 e 19	(13+0, 13+3 e 13+6)	C# dim

No que diz respeito à implementação, para mudar os tons da interface de toque activa-se um acorde. No entanto, a alteração de cada um dos tons só tem efeito quando o sensor de toque que lhe diz respeito não detecta nenhuma pressão.

Em termos práticos, isto significa que enquanto um dedo estiver a premir um sensor, a sua nota não é alterada mesmo que se mude o acorde. Torna-se então possível manter uma ou mais notas a tocar ininterruptamente enquanto os restantes sensores são utilizados para tocar várias notas diferentes.

Em termos teóricos, possibilita também a utilização de acordes mais complexos, que incluem outras notas para além das da tríade, combinando notas de acordes diferentes.

Oitava

O registo da norma MIDI compreende 128 tons, com intervalos de um semitom entre cada par de tons sucessivos, que vão desde o valor 0 até ao valor 127 (HASS, 2013). A extensão total compreende dez oitavas, sendo que a última não está completa — o valor 0 tem o tom C (Dó) e o último valor, 127, tem o tom G (Sol) —, mas, no entanto, nem sempre percebemos correctamente todos estes tons.

O ouvido de um jovem saudável capta sons com frequências entre cerca de 20 Hz e 20 kHz, extensão que tende a encurtar à medida que o tempo passa, mas apenas as taxas de repetição compreendidas entre 30 Hz e 4 kHz suscitam percepções de altura que transmitem informação melódica. (cit. por OXENHAM, 2012, p. 13335)

Contando com a relação de que o tom A (Lá) da quinta oitava tem uma frequência de 440 Hz, as limitações supramencionadas excluem, à partida, os tons do registo MIDI compreendidos nas primeiras duas oitavas, bem como os das duas últimas.

Para além disso, nem todos os tons permitem uma boa sintetização de todos os instrumentos, sendo normal nos extremos do registo o timbre começar a perder a identidade do instrumento e/ou a distorcer demasiado.

Para não incluir opções indesejadas na aplicação e preservar a qualidade dos sons obtidos, limitou-se o registo da aplicação a quatro oitavas, desde o início da terceira até ao fim da sexta.

5.5 Interface Gráfica

Tendo aplicado os conceitos de teoria musical, partiu-se para a concepção da interface gráfica da aplicação. Relembrando o tipo de interacção que se pretendeu implementar, da mesma forma que cada posição da mão no braço de uma guitarra restringe os tons das cordas às notas de um acorde específico, na interface desenvolvida pretendeu-se que o acorde fosse escolhido com o Nunchuk e que a cada sensor de toque fosse atribuído um tom desse acorde. Para além disso, o controlo da intensidade das notas seria feito com o sopro.

5.5.1 Versão 1

A forma que limita as posições do *joystick* é um octógono (como se verifica na Figura 88 na página 101), o que permite fixá-lo facilmente em oito posições distintas encostando-o contra os vértices do polígono. Decidiu-se portanto atribuir cada um dos sete acordes a uma dessas posições, deixando a restante posição sem nenhum acorde atribuído, que serve para alterar a oitava em que são originados os tons de cada acorde.

A escolha do parâmetro (um dos acordes ou oitava) é feita apontando o *joystick* para a posição pretendida e a alteração é feita através dos botões do Nunchuk (Figura 87 na página 101). Nos acordes, a selecção é feita premindo qualquer um dos botões e a mudança da oitava é feita premindo o botão de cima para subir de oitava e o de baixo para descer.

Para isso foi preciso criar uma função que, aplicando conceitos trigonométricos, calculasse o ângulo do *joystick* através das coordenadas obtidas pelo Arduino. Do mesmo modo, criou-se outra função que determina a secção do octógono na qual essa direcção está compreendida: o utilizador pode apontar para qualquer direcção

que represente o acorde desejado sem que seja necessário apontar exactamente para uma das oito direcções centrais. Para facilitar a interpretação da aplicação, destaca-se o acorde seleccionado e a direcção para que o *joystick* está a apontar, evitando que seja necessário olhar para o controlador enquanto se toca o instrumento.

Foi ainda definida uma zona central de repouso, em que se considera que o *joystick* não está a ser utilizado, e que não se restringe aos valores exactos da posição central do componente. A aplicação de uma margem permite não só lidar com variações na leitura do sinal do componente, mas também considerar que o utilizador pode ter o dedo pousado no *joystick*, deslocando-o alguns milímetros, sem ter a intenção de apontar numa direcção.

Concebeu-se um primeiro esboço da interface gráfica da aplicação que foi utilizado nos testes de usabilidade. É apresentado da Figura 125 à Figura 127, cujas legendas explicam a interacção. Esta versão não contava ainda com uma representação gráfica da escolha da escala, a mesma era definida no código da aplicação antes de a iniciar.

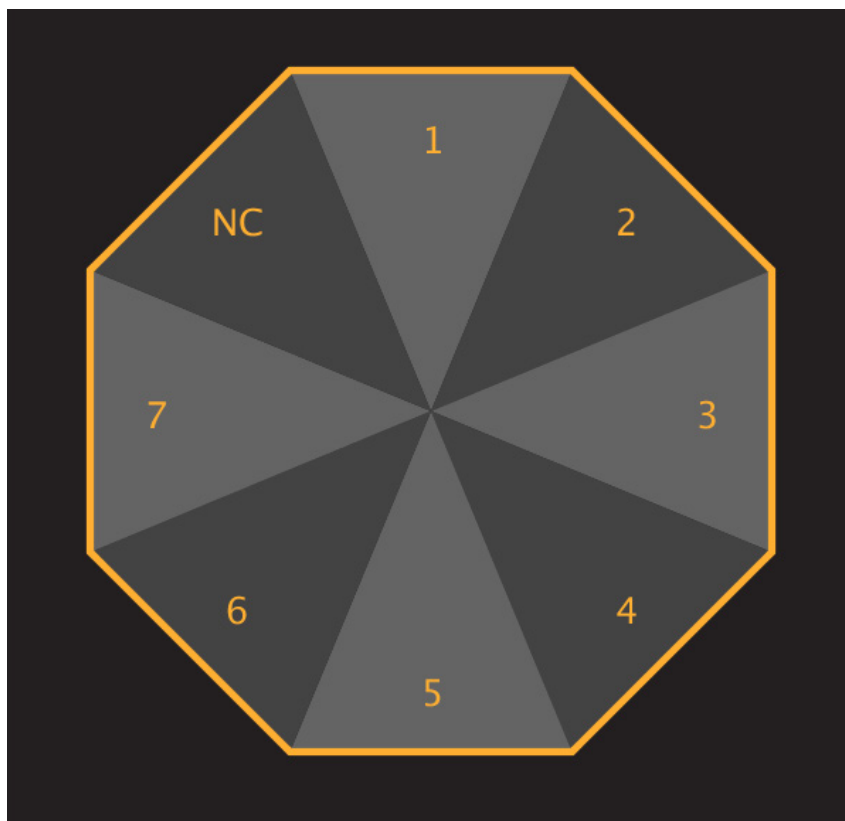


Figura 125
Aplicação no seu estado inicial, quando nenhum acorde está seleccionado

Figura 126
O joystick é apontado
na direcção do
segundo acorde

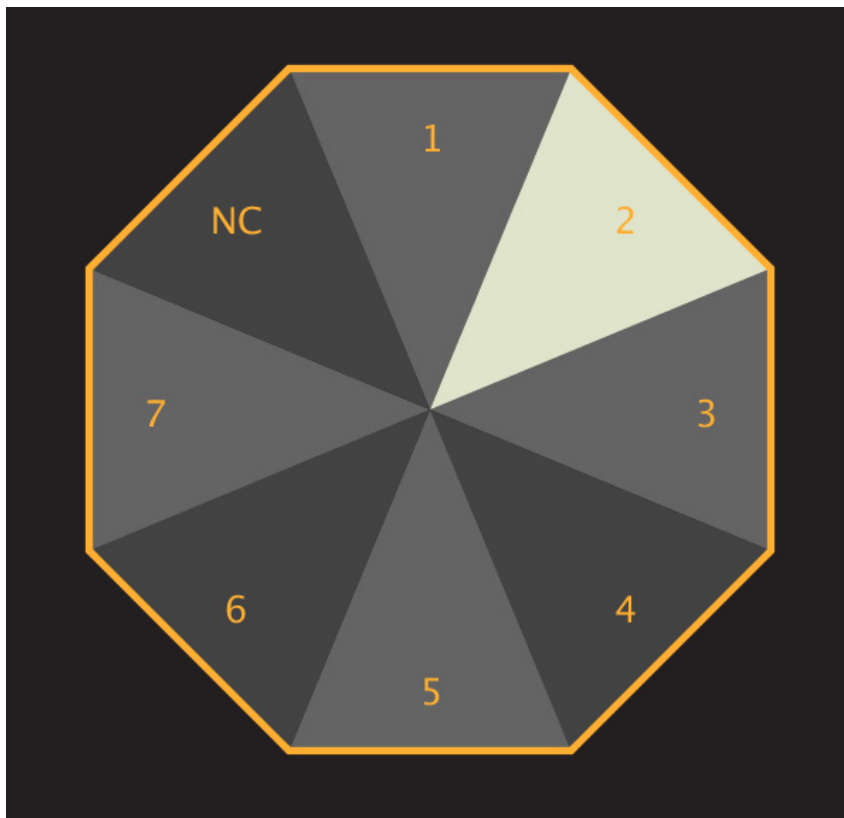
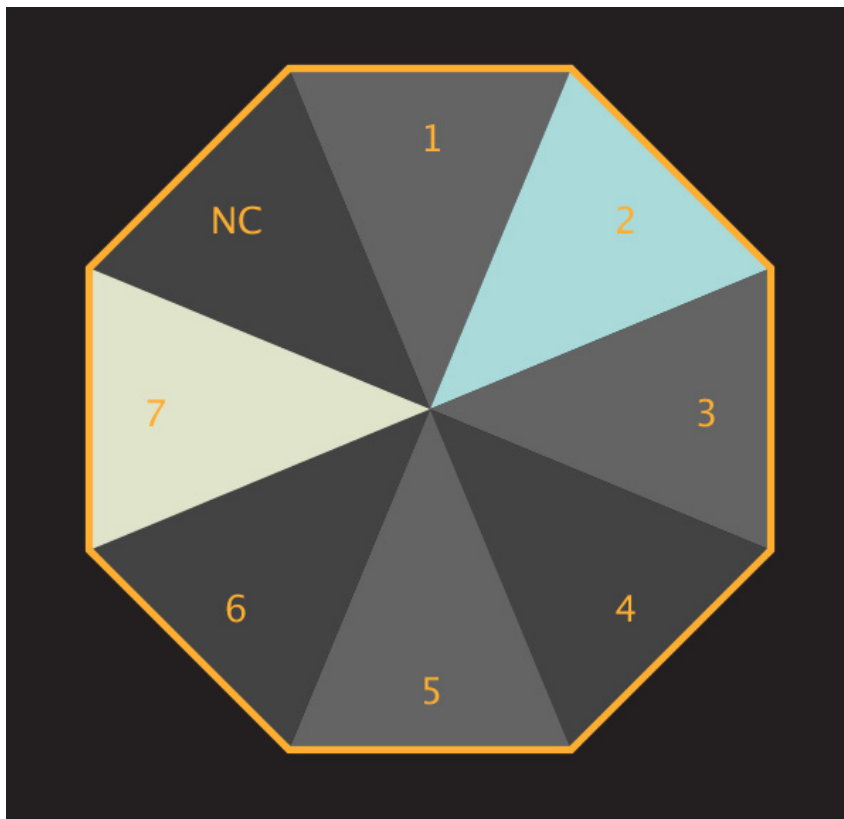


Figura 127
O segundo acorde
está seleccionado e o
joystick aponta para
o sétimo acorde



Resultante do *feedback* dos utilizadores concluiu-se que, no geral, esta componente da interface gráfica funcionava devidamente. No entanto, a disposição do octógono confundiu alguns utilizadores.

Pretendia-se que cada secção triangular do octógono representasse o ângulo que compreendia todas as direcções que o utilizador podia apontar. Isso implicou que o octógono da aplicação não correspondesse ao octógono que envolve o *joystick*, cujos vértices, aos quais o utilizador deve apontar — correspondem ao centro da base das secções triangulares na aplicação.

A maioria dos utilizadores encarou os octógonos como tendo a mesma disposição, levando a que nas primeiras tentativas de experimentação do *joystick* apontassem para as suas arestas.

5.5.2 Versão 2

O desenvolvimento da interface gráfica continuou e nesta fase foram incluídas as opções de escolher o tom e a tonalidade da escala. Considerou-se adequado utilizar menus *dropdown* para representar estas escolhas, facilitando a distinção entre os valores seleccionados e os restantes. Para interagir com os menus, pretende-se que seja utilizado o ponteiro do rato do computador. É de notar que, nesta fase, os tons enarmónicos equivalentes não foram implementados.

Decidiu-se também incluir uma representação da interface de toque que proporcionasse um *feedback* visual de cada uma das teclas, assim como as relações dos tons com a tónica, através de números, visando utilizadores mais experientes.

Tendo em consideração os testes de usabilidade, a representação do polígono foi revista e as secções foram redesenhadas. Para além disso acrescentou-se uma margem entre as secções que não só permite distingui-las melhor, como acrescenta também uma representação da zona de repouso do *joystick*.

A interface gráfica completa apresenta-se da Figura 128 à Figura 133 e as legendas esclarecem os diferentes estados da aplicação.

Figura 128
Estado inicial da aplicação

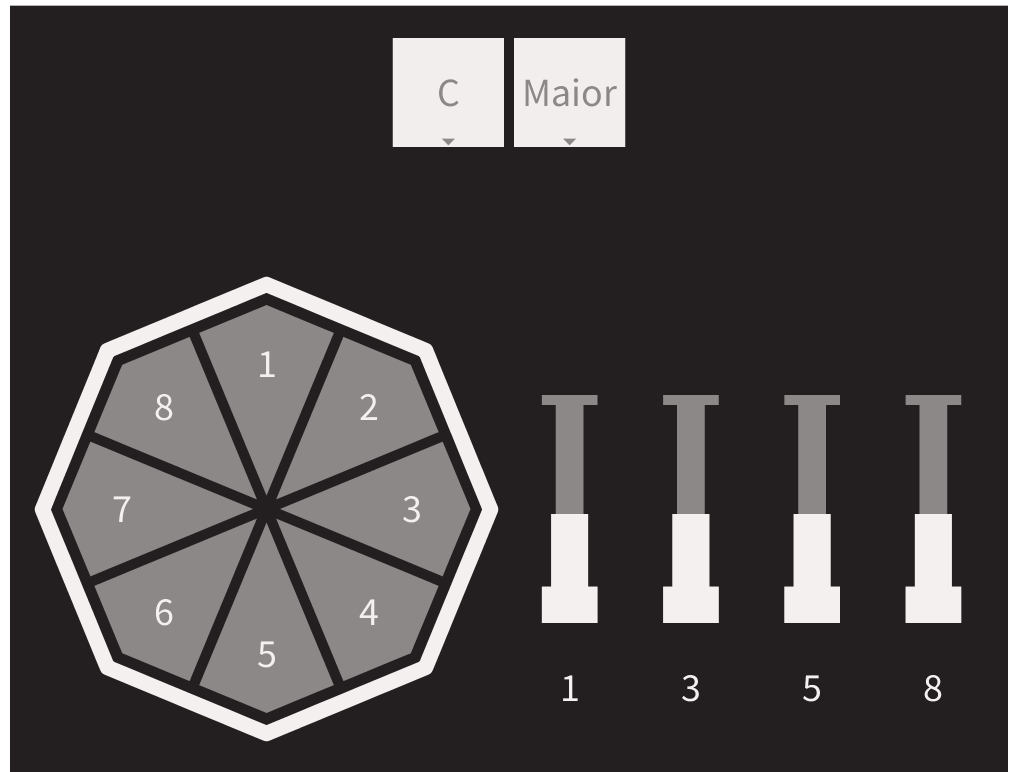
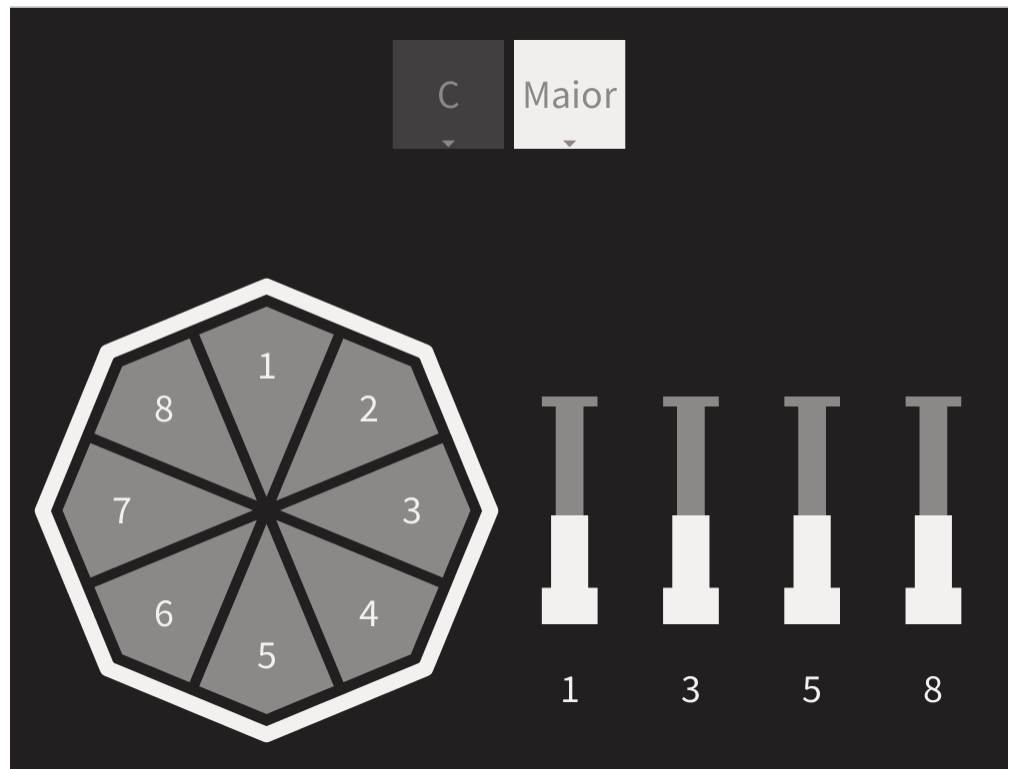


Figura 129
Ao passar o rato por cima
(*hover*) do botão que abre
um dos menus, o botão
muda de cor para notificar
que a interacção é possível



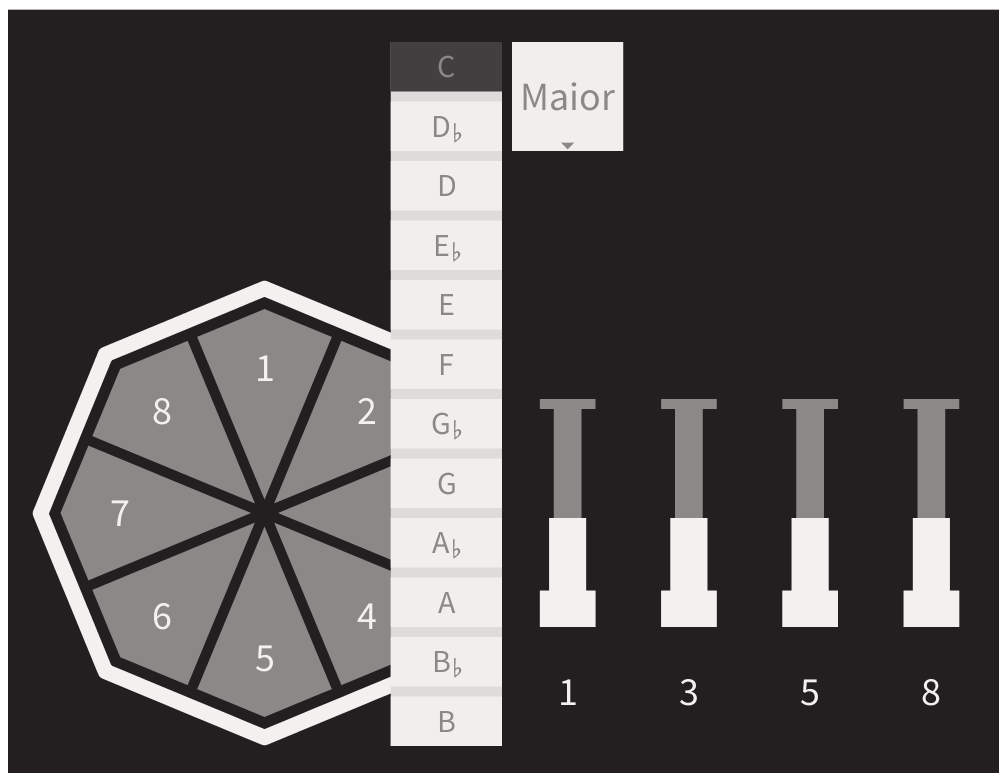


Figura 130
Premindo um dos botões, é apresentada a lista de valores a escolher

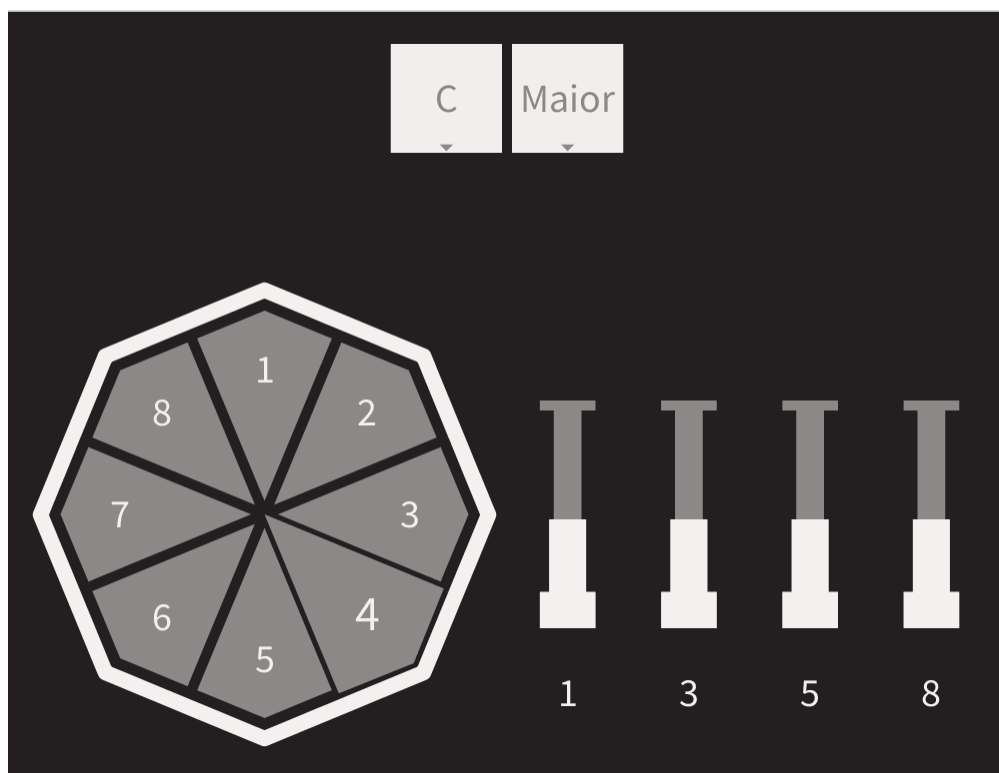


Figura 131
Ao apontar o joystick numa das direcções, a secção que lhe corresponde é realçada

Figura 132
Ao seleccionar o acorde
com um dos botões
do Nunchuk, o acorde
é seleccionado

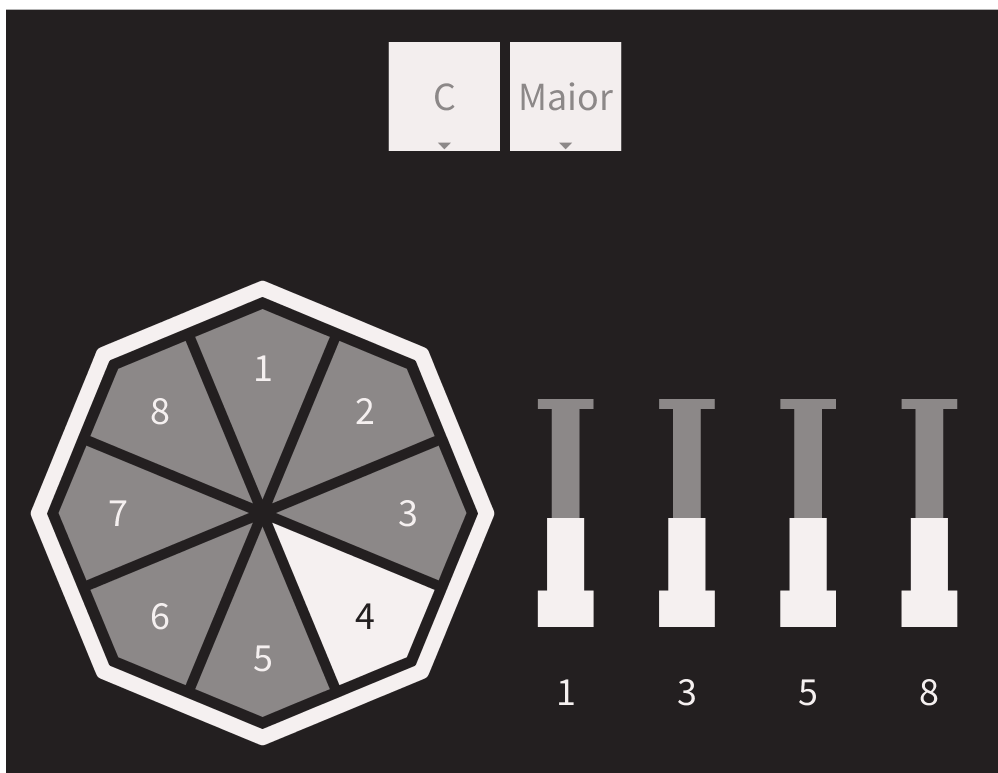
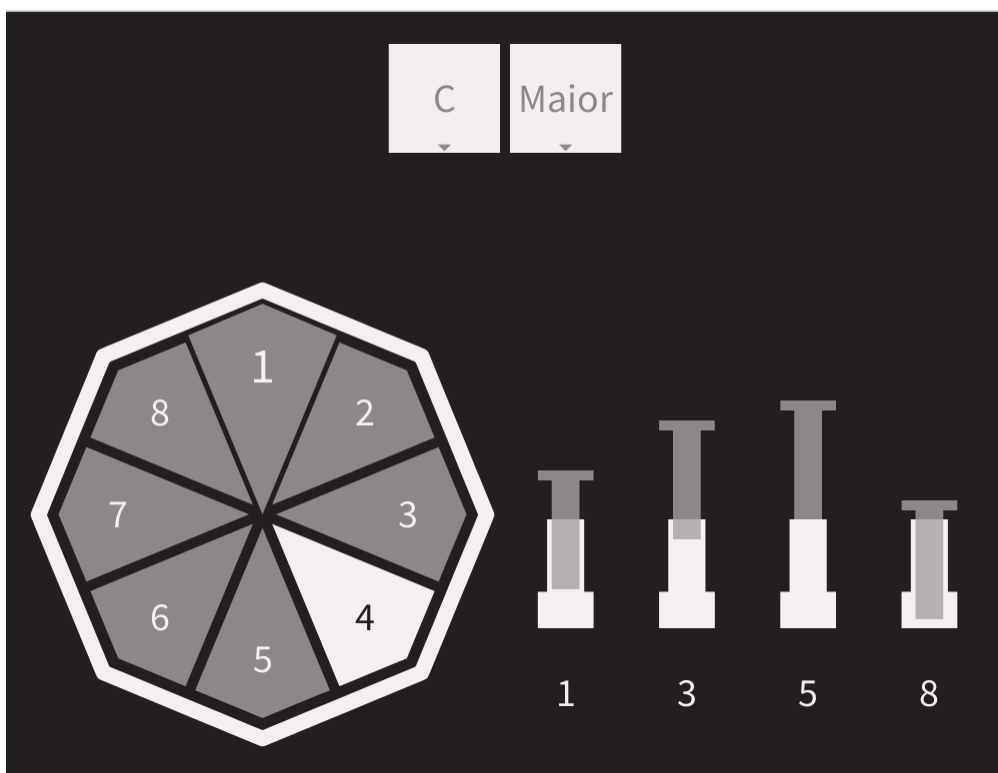


Figura 133
Ao utilizar a
interface de toque,
o deslocamento dos
dedos é representado
visualmente



Esta versão da interface gráfica não foi sujeita a testes de usabilidade mas foi apresentada numa conferência de Interação Humano-Computador, cuja experiência é retratada adiante, no próximo capítulo.

No que diz respeito à concepção e à sua interação, o resultado foi considerado satisfatório. Algumas sugestões foram feitas e uma delas teve implicações na continuação do desenvolvimento da aplicação: foi proposto que se adicionassem os nomes dos tons e dos acordes na visualização.

Apesar de o público alvo incluir pessoas sem conhecimentos musicais que não tirariam partido dessa informação, pessoas com alguma experiência e que soubessem os acordes de uma música, por exemplo, poderiam facilmente interpretá-la neste instrumento.

5.5.3 Versão 3

Concordou-se com a posição apresentada, tendo-se procedido às alterações necessárias. Esta decisão teve em consideração que a modificação não influenciaria negativamente nenhum tipo de utilizador do público alvo, factor determinante para a concepção de interfaces para vários de tipos de utilizador: “quando um tipo de utilizador específico tem necessidades adicionais numa interface, estas podem ser contempladas desde que não afectem a capacidade que o produto tem de servir os outros grupos” (COOPER, REIMANN, CRONIN, 2007, p. 105).

Assim, os acordes a que cada secção do octógono corresponde não são mais distinguidos pela sua posição na progressão da escala e passam a ter o tom da nota em que são construídos e a sua qualidade.

Do mesmo modo, os tons das notas de cada tecla da interface de toque deixam de ser representados pela sua relação com a tónica da escala e passa a ser utilizada a notação mencionada na secção anterior.

Nesta fase foram também aprimorados vários aspectos da aplicação tanto em termos do seu funcionamento, como da interacção e ainda da disposição dos elementos.

Seleção de timbre

Foi adicionado um terceiro menu *dropdown*, que oferece a possibilidade de escolha de instrumentos explicada na secção anterior. Para o fazer, adicionou-se à aplicação uma tabela que faz a correspondência entre os valores MIDI de cada instrumento — utilizados na mensagem de comunicação com o sintetizador — e os nomes convencionados para os mesmos, presente na página oficial da especificação:

<https://www.midi.org/specifications/item/gm-level-1-sound-set>

Devido à extensão desta lista (128 instrumentos), com a introdução desta opção surgiu a necessidade de implementar interacções de deslocamento no menu *dropdown*.

Utilizaram-se as interacções convencionadas: uma barra de deslocamento — do inglês, *scrollbar* —; acções de deslocamento do rato, seja pela roda de deslocamento — do inglês, *scroll wheel* — ou pelo uso de gestos presentes, por exemplo, nos ratos dos computadores portáteis; e, por último, adicionou-se a navegação na lista utilizando as teclas de seta do teclado (cima e baixo) sem ser necessário abrir a lista. A inclusão desta última opção visou facilitar a interacção no caso de se querer experimentar todos os instrumentos um a um.

Joystick

Durante esta fase de desenvolvimento, repensou-se a interacção com o *joystick*. Até então era necessário premir um dos botões para confirmar a selecção do acorde. Esta acção tinha sido implementada para que o utilizador tivesse uma confirmação visual do acorde antes da selecção ser aplicada, evitando erros.

Tendo em conta que os utilizadores não tiveram problemas em interagir com o *joystick*, precisando apenas de poucos minutos de

habituação, considerou-se que este procedimento de segurança não seria necessário.

Alterou-se então a tradução dos sinais recebidos pelo Arduino e as acções resultantes: ao apontar o *joystick* na direcção de um acorde, este é automaticamente seleccionado, ficando os botões do Nunchuk dedicados para mudar a oitava e não sendo necessário apontar o *joystick* para a secção correspondente, que foi eliminada do esquema. Deste modo, tanto a selecção do acorde como a alteração da oitava são acções mais imediatas, saltando um passo no processo de interacção.

Além disso, não fazia sentido um momento em que não houvesse nenhum acorde seleccionado, como acontecia no estado inicial. Nesse momento a interface não produzia qualquer som (por não ter notas atribuídas) e portanto a aplicação passou a seleccionar automaticamente o primeiro acorde da progressão, quando aberta.

Parametrização da intensidade

Paralelamente a esta modificação, avaliou-se também a interacção com a interface de sopro. Apesar de funcionar como esperado, decidiu-se implementar a possibilidade de alterar a intensidade dos sons quando não havia interacção com esta interface.

O modo de funcionamento utilizado até à altura implicava que o utilizador soprasse no instrumento para que se gerasse som. Esta modificação permite que o som seja gerado apenas através da interface de toque, se o utilizador assim desejar. Para isso dá-se a possibilidade de o utilizador escolher a intensidade com que pretende que as notas sejam geradas quando não está a soprar no instrumento.

Em termos práticos, esta alteração resulta na possibilidade de alterar o valor mínimo para o interface de sopro: antes era 0 (zero, sem intensidade, não produz som) e agora é um valor escolhido pelo utilizador.

A utilização da interface de sopro continua presente, permitindo aumentar a intensidade além desse valor e atribuir assim a expressividade desejada. A possibilidade de utilizar o funcionamento anterior também se mantém, para isso basta deixar este valor no seu mínimo.

A escolha é feita através de um elemento visual, sob a forma de barra de deslocamento, clicando com o rato e arrastando-o. Legendado como “volume”, mostra também o valor da intensidade em percentagem enquanto a escolha está a ser feita através do rato.

Seleção da escala

Foram ainda acrescentados os equivalentes enarmónicos ao menu *dropdown* de tons a ser escolhidos. O número de linhas da lista mantém-se, sendo os novos valores acrescentados paralelamente aos seus equivalentes enarmónicos.

Organização da interface gráfica

Para uma compreensão mais fácil e imediata, decidiu-se segmentar visualmente os elementos visuais em duas zonas distintas.

Do lado esquerdo apresentam-se os elementos que concernem à definição dos tons das notas a ser reproduzidas — escala e acorde — e do lado direito os elementos que dizem respeito às preferências das características dos sons que se querem transmitir — timbre, intensidade e activação dos sons.

Ao redesenhar a aplicação utilizou-se uma grelha modular com nove colunas, que permite a criação de duas zonas distintas, com quatro colunas cada — para que cada tecla da interface de toque possa assentar na grelha —, divididas por uma coluna de intervalo.

O número de linhas — doze — foi definido para que as dimensões das células tivessem um rácio de 2:1, o que permite utilizar linhas inteiras como divisões entre elementos sem perder a coerência visual.

Interacção

Por último, adicionaram-se ainda alguns comportamentos com o intuito de a tornar a interacção mais inteligível.

Alterou-se o comportamento do ponteiro do rato para que assumisse a forma de uma mão sempre que a está a “pairar” — do inglês, *hover* — sobre elementos que são passíveis de ser seleccionados, um comportamento presente na maior parte das interfaces gráficas que utilizamos no dia a dia.

Além disso, destacaram-se visualmente esses elementos, algo que antes só acontecia nos botões dos menus *dropdown* e que passou a estar presente em todos os elementos da aplicação.

O caso em que esta opção teve mais impacto foi o menu *dropdown* da lista de tons. O destaque individual dos tons enarmónicos, evidenciado na Figura 138 na página 150, em vez de destacar apenas a linha inteira, é fundamental para se perceber que se pode escolher entre dois tons específicos.

O resultado final da interface gráfica é apresentado seguidamente, assim como as possibilidades de interação, começando pela apresentação da grelha modular na Figura 134 e exemplificando minuciosamente a utilização da aplicação da Figura 135 à Figura 166.

É importante notar que a interação que origina cada um dos estados da aplicação é descrita detalhadamente na legenda de cada figura e que, tendo a interação sido concebida para a utilização em computadores, a posição do cursor é assinalada quando relevante.

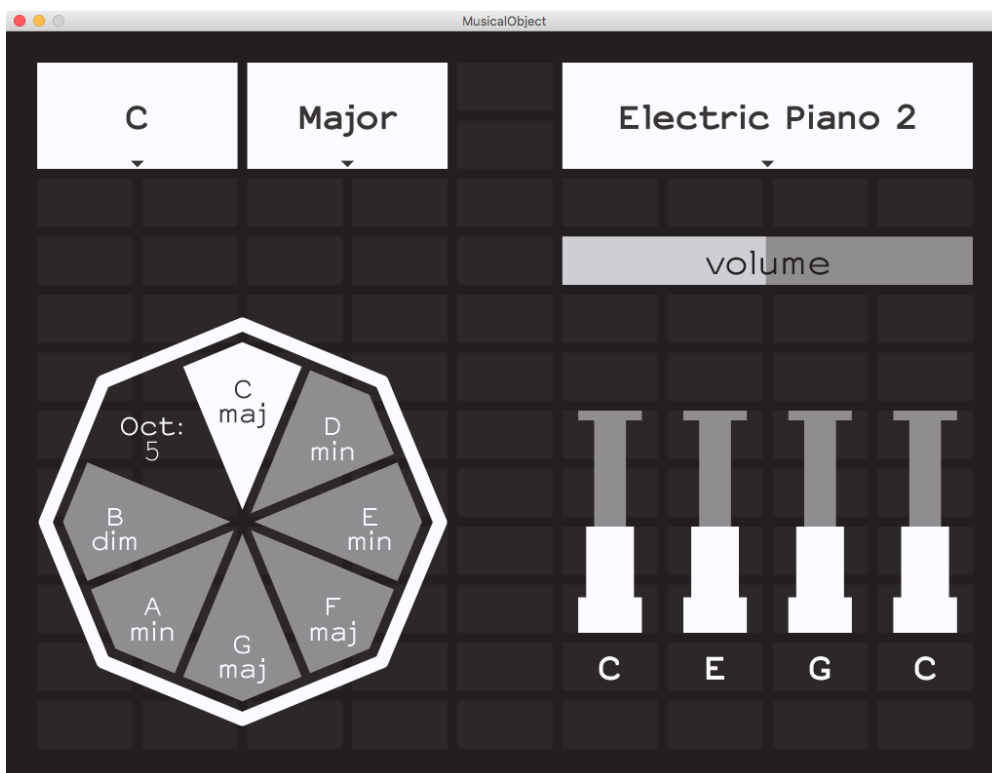


Figura 134
Demonstração da grelha sobre a qual a aplicação foi desenhada.

Figura 135
Estado inicial da aplicação com a selecção predefinida: a escala “C Major”, o acorde “C maj” (o primeiro da progressão), a oitava “5” e o instrumento “Electric Piano 2”.

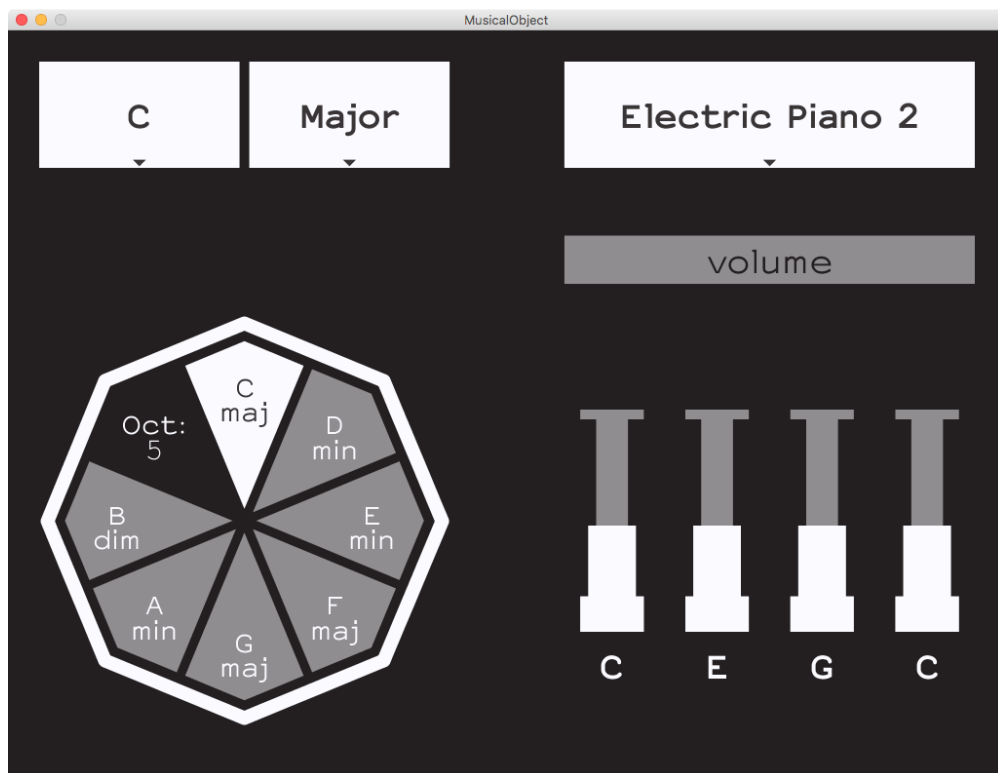
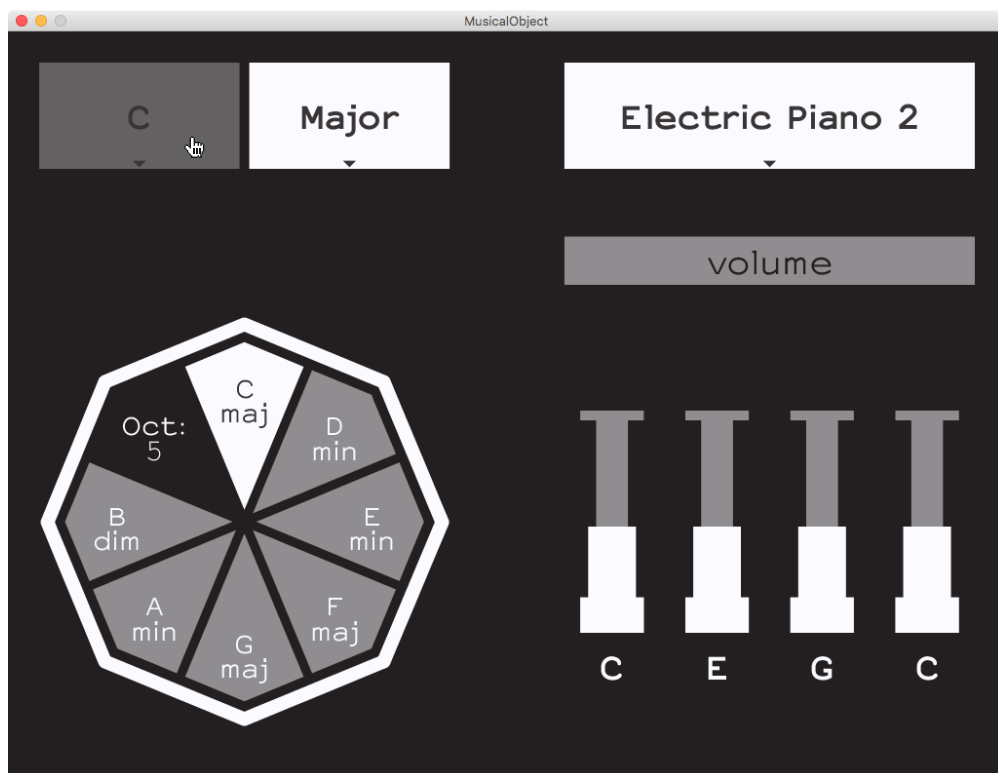


Figura 136
Decorre o *hover* com o rato no botão do menu de tons, destacando-o.



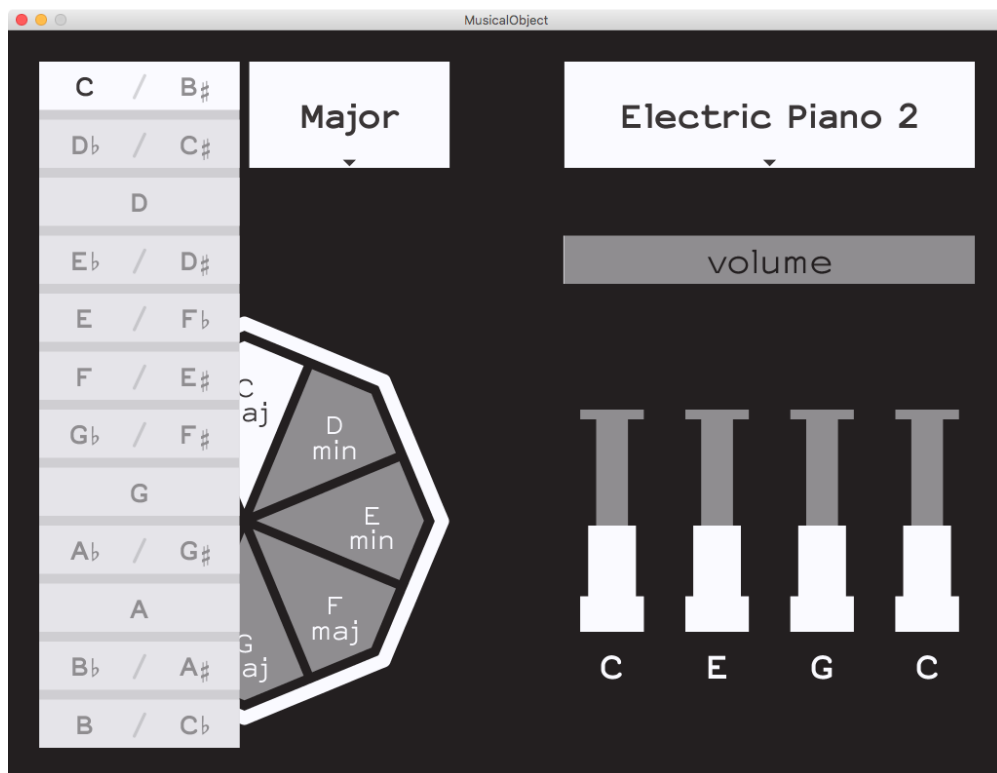


Figura 137
O utilizador clicou no botão do menu de tons e a lista de tons foi aberta.

Note-se que a linha de enarmónicos "C / B#" está em destaque, mas que o tom "C" é realçado em relação a "B#".

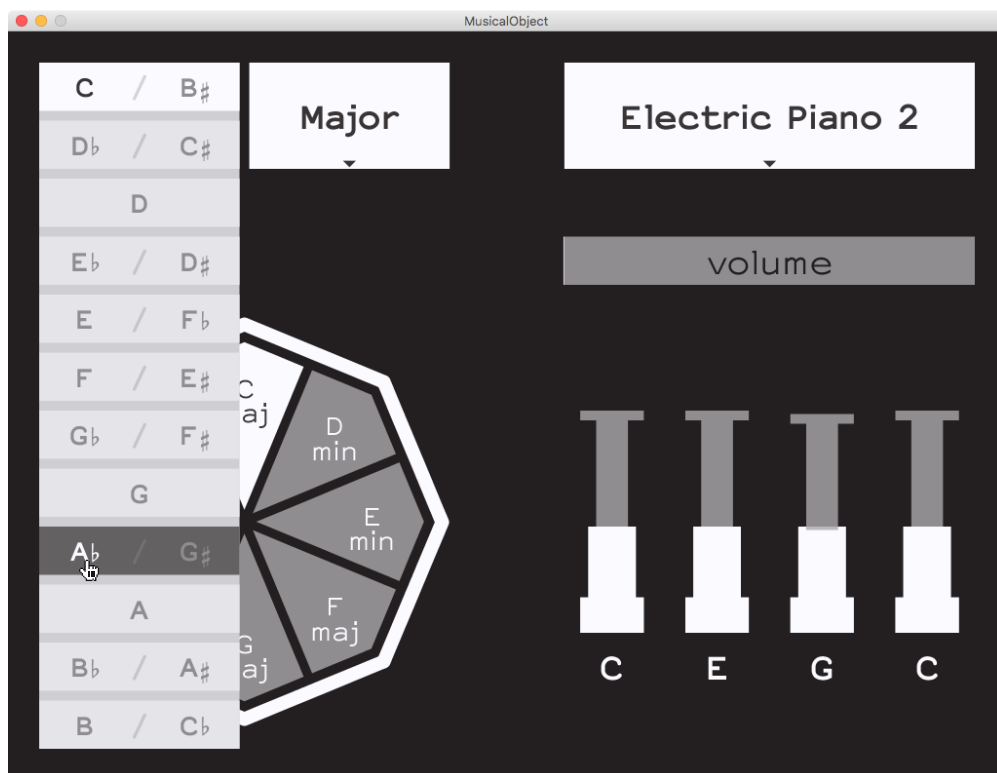


Figura 138
Decorre o *hover* no tom "Ab".

Note-se que o tom "G#" não é realçado.

Figura 139
O tom “A \flat ” foi seleccionado e por isso escala foi alterada para “A \flat Major”.

O acorde seleccionado foi alterado para o novo acorde na mesma posição e os tons da interface de toque foram alterados em conformidade.

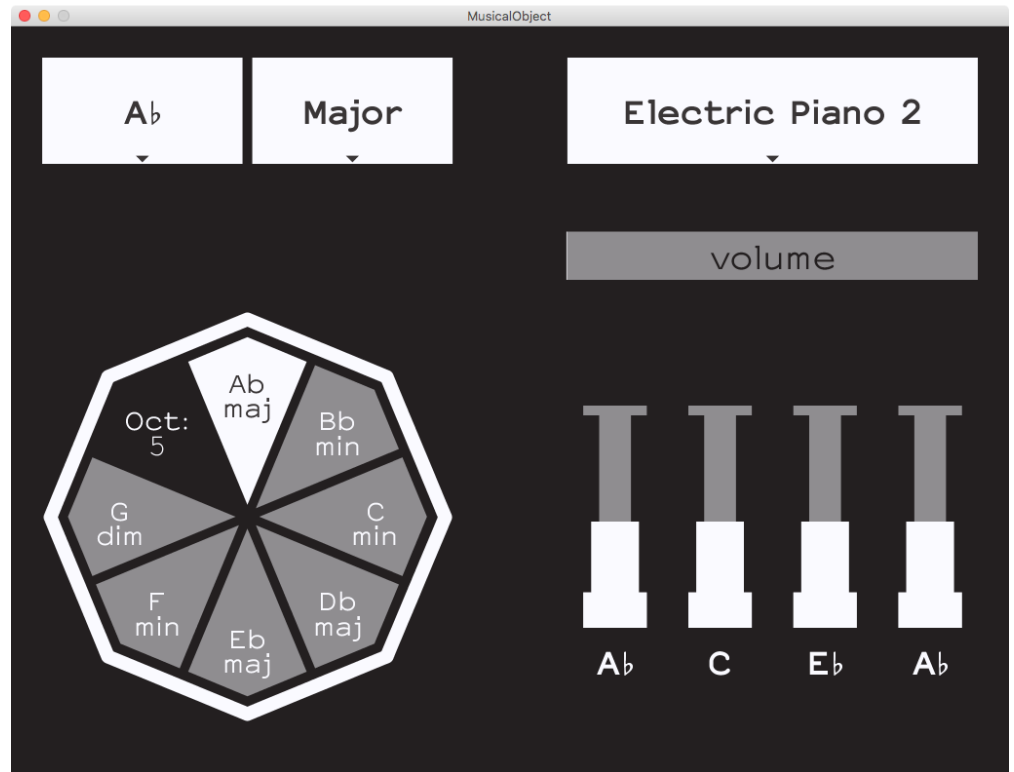
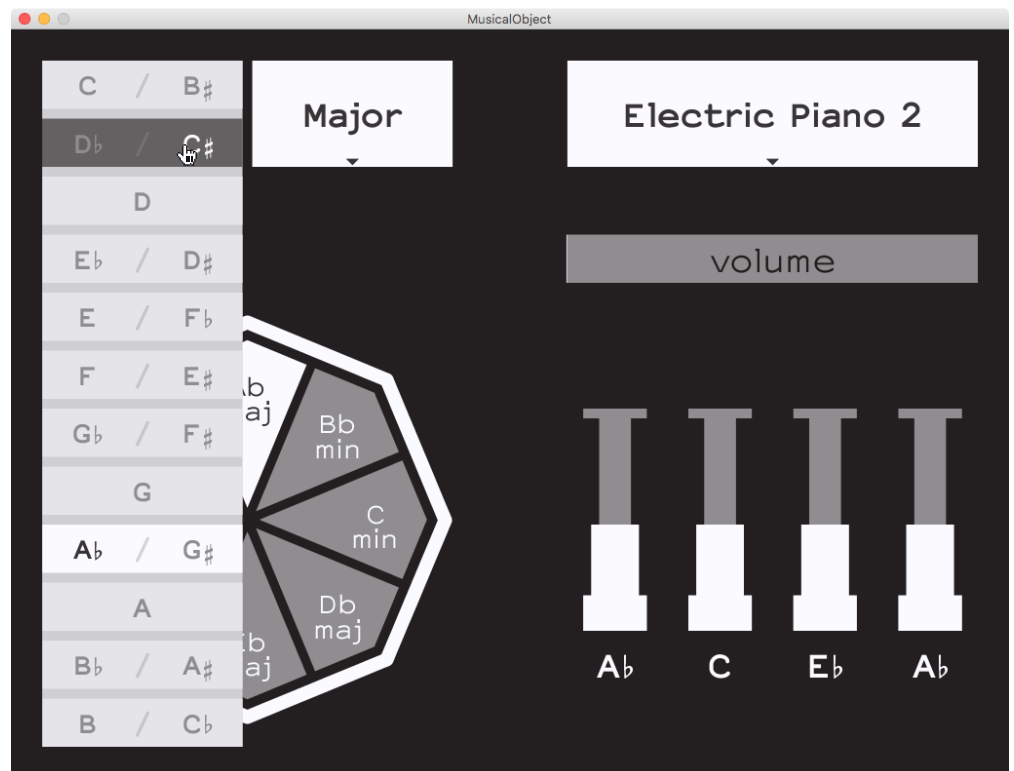


Figura 140
Voltou-se a abrir a lista de tons e decorre o *hover* no tom “C \sharp ”.



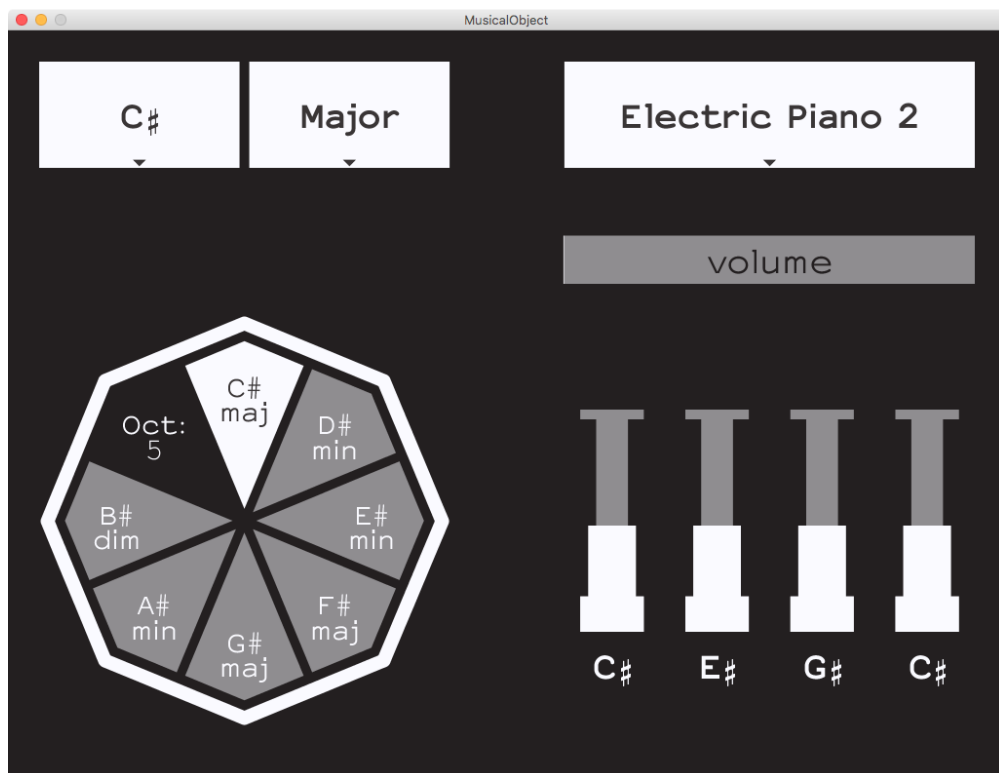


Figura 141
O tom "C#" foi seleccionado e a escala alterou-se para "C# Major".

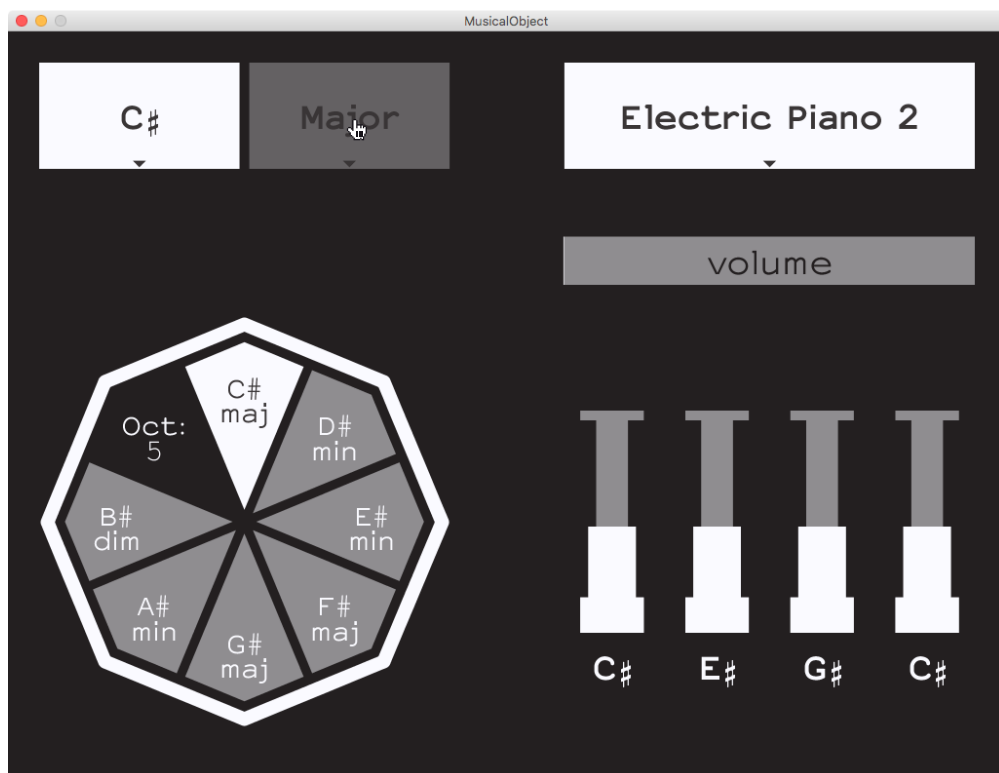


Figura 142
Decorre o *hover* no botão do menu de tonalidades.

Figura 143
O botão foi seleccionado.

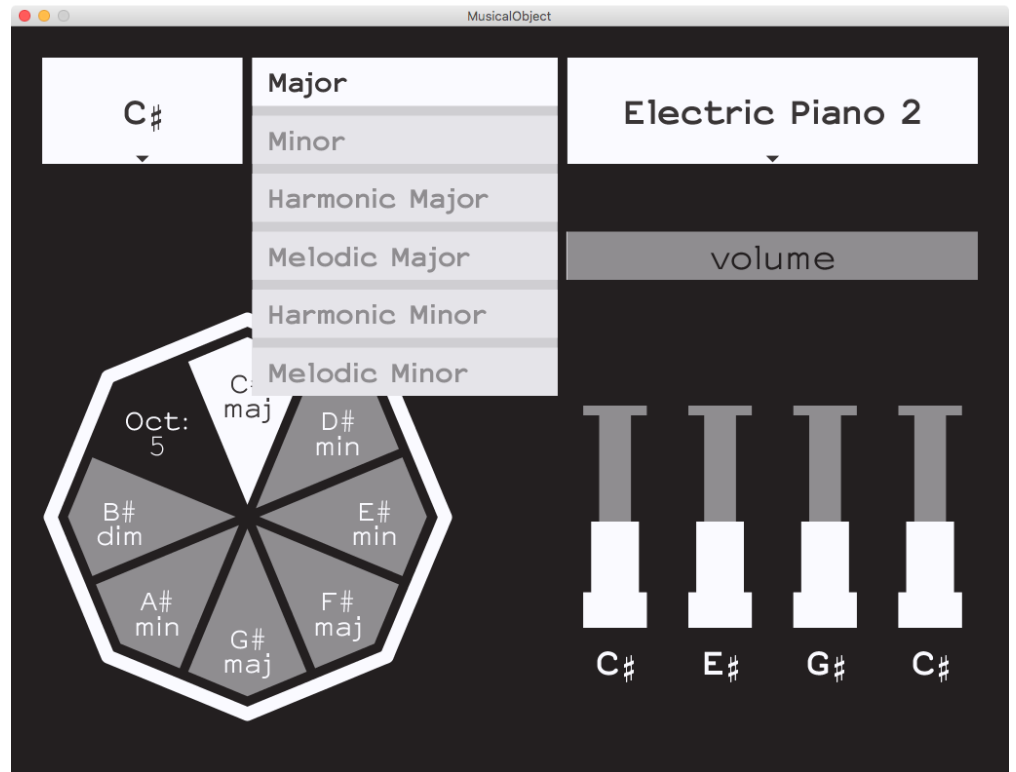
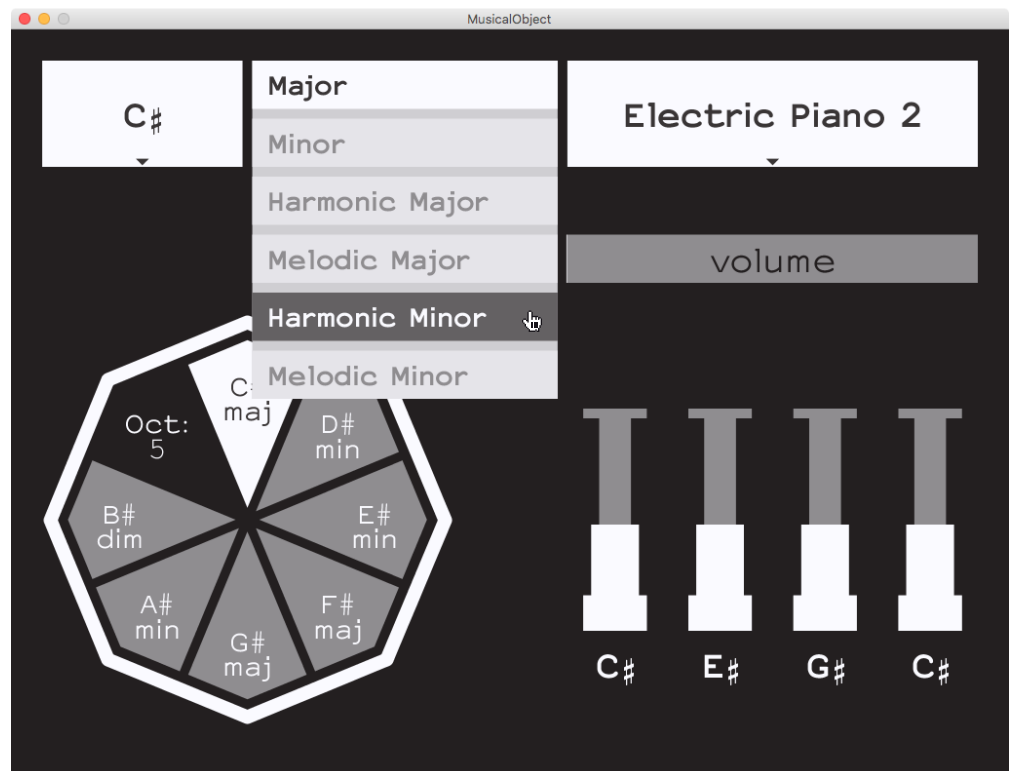


Figura 144
Decorre o *hover*
na tonalidade
Harmonic Minor.



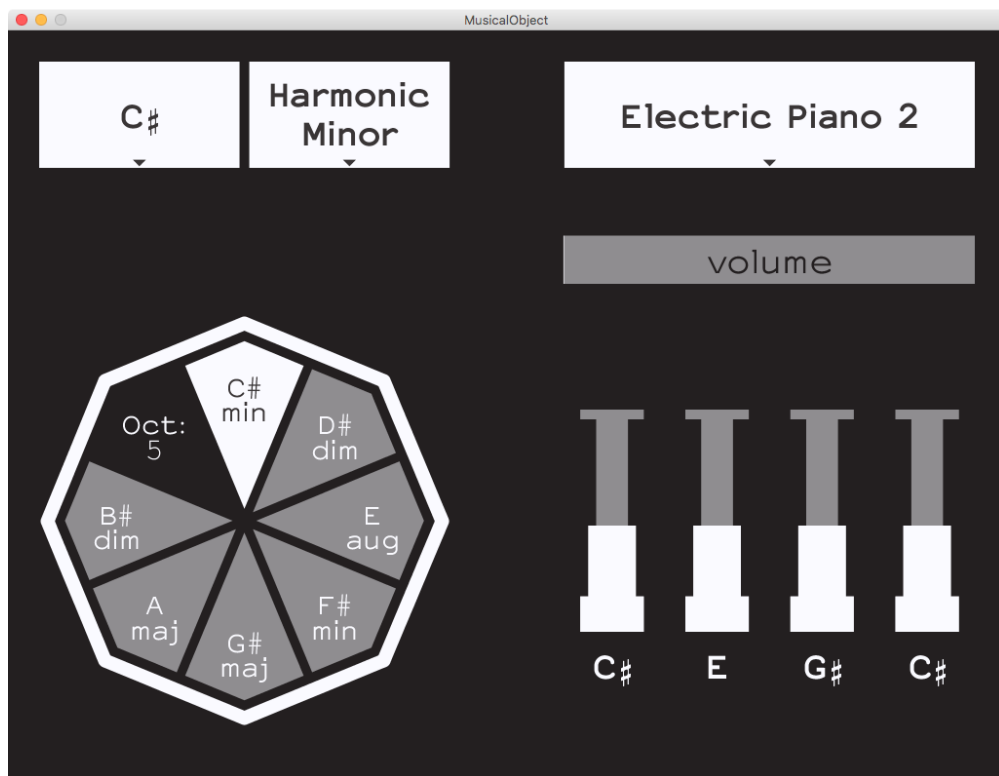


Figura 145
A tonalidade foi seleccionada e a escala alterou-se para “C# Harmonic Minor”.

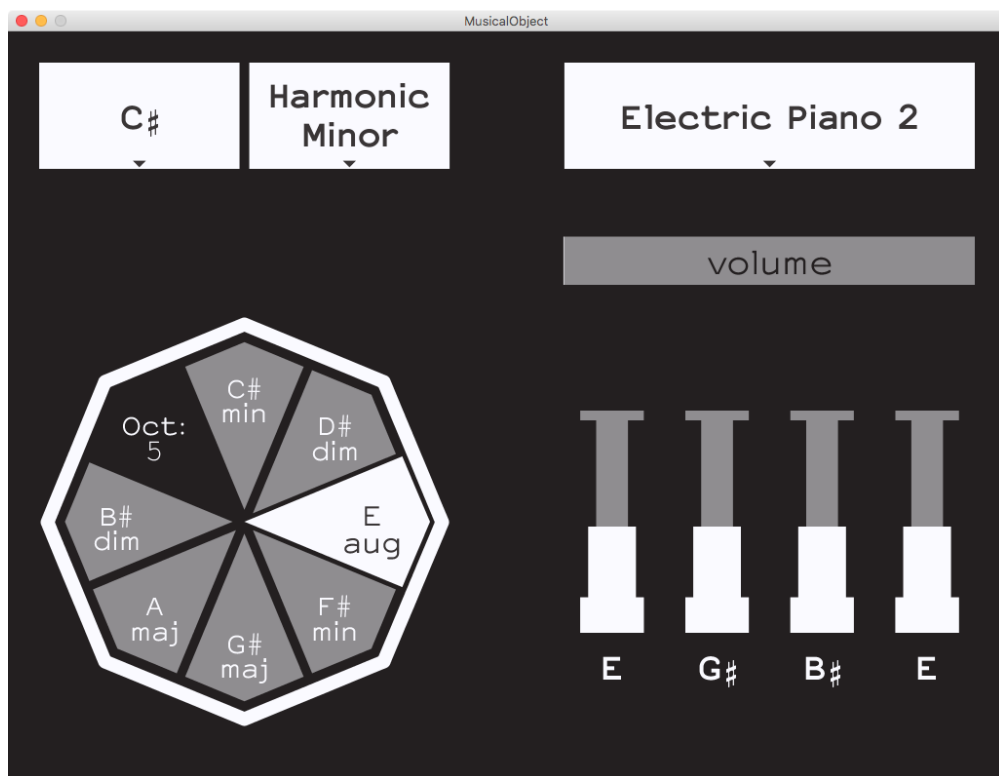


Figura 146
O joystick está a ser apontado para a o acorde “E aug”, que é destacado e seleccionado.

Figura 147
O botão de baixo do Nunchuk foi premido e a oitava desceu para a oitava “4”.

Para além disso, o joystick voltou à posição de repouso e o acorde continua seleccionado mas deixou de estar destacado.

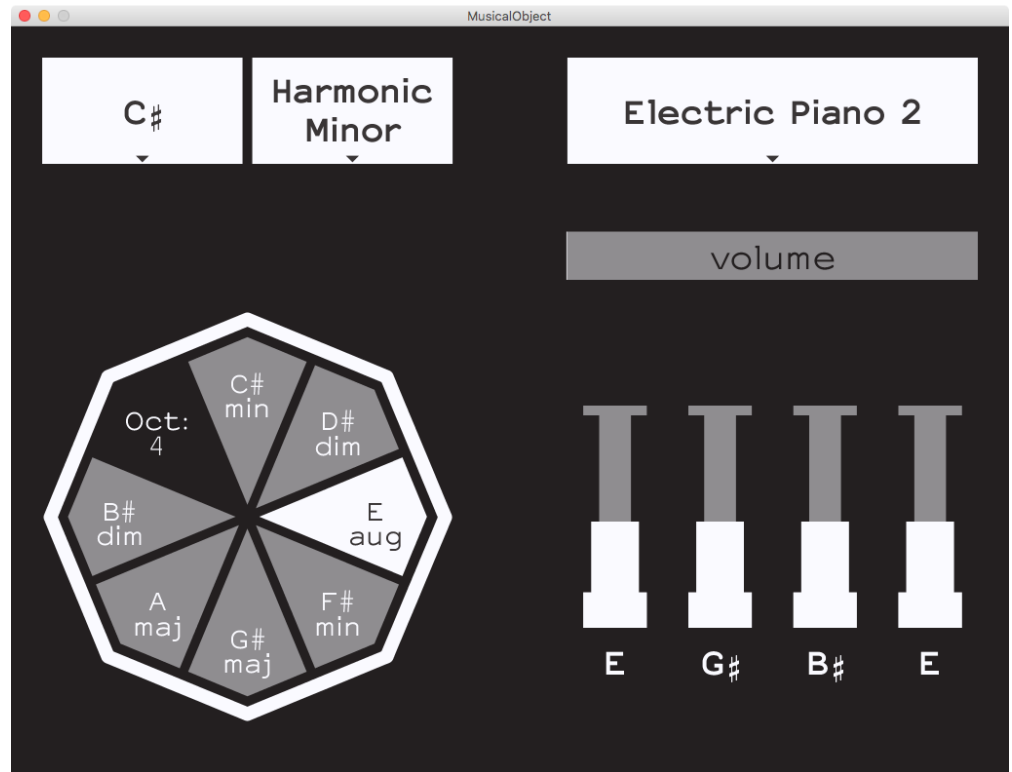
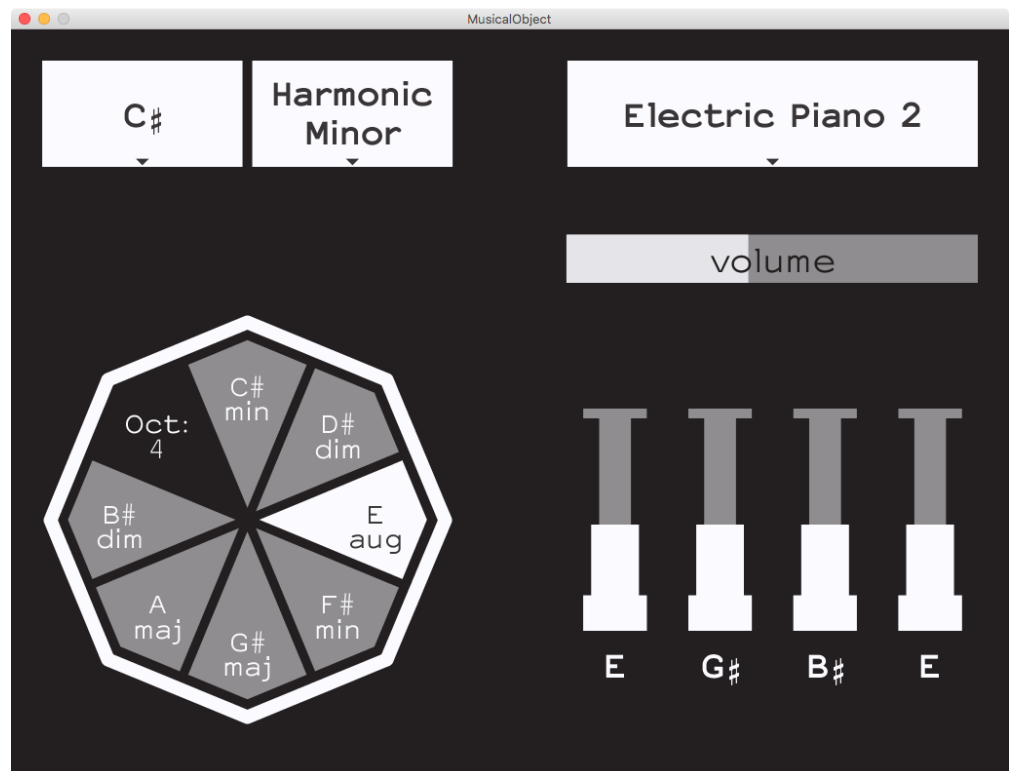


Figura 148
O utilizador está a soprar no instrumento e o valor de intensidade atingido aparece na barra de volume.



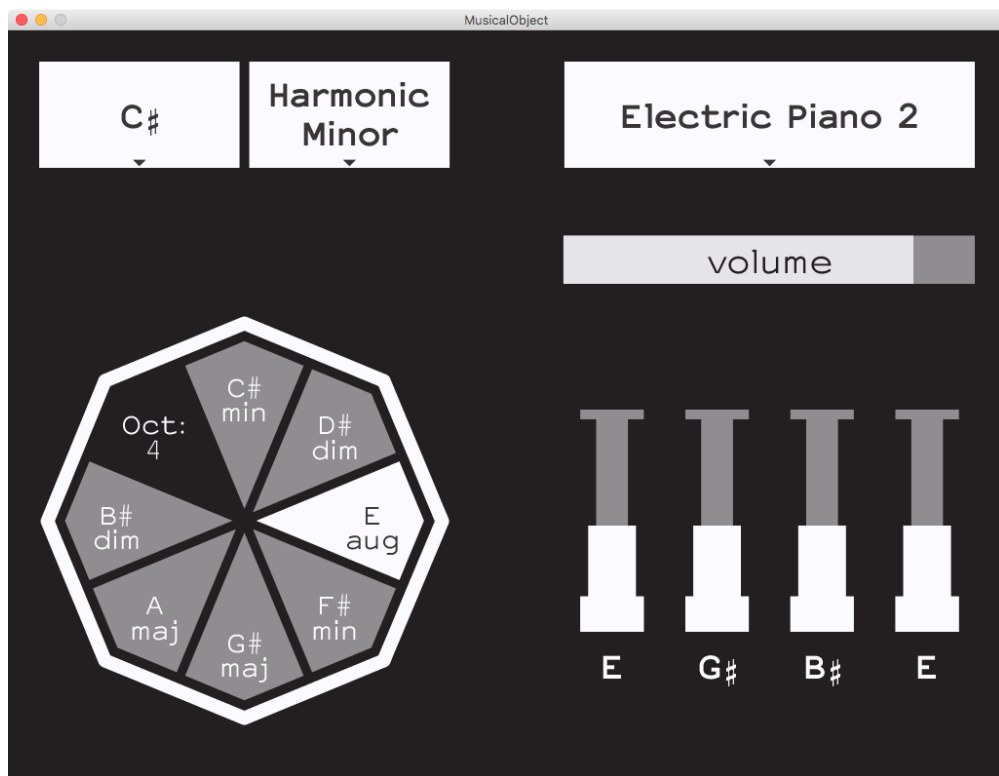


Figura 149
O utilizador está a soprar com mais força.

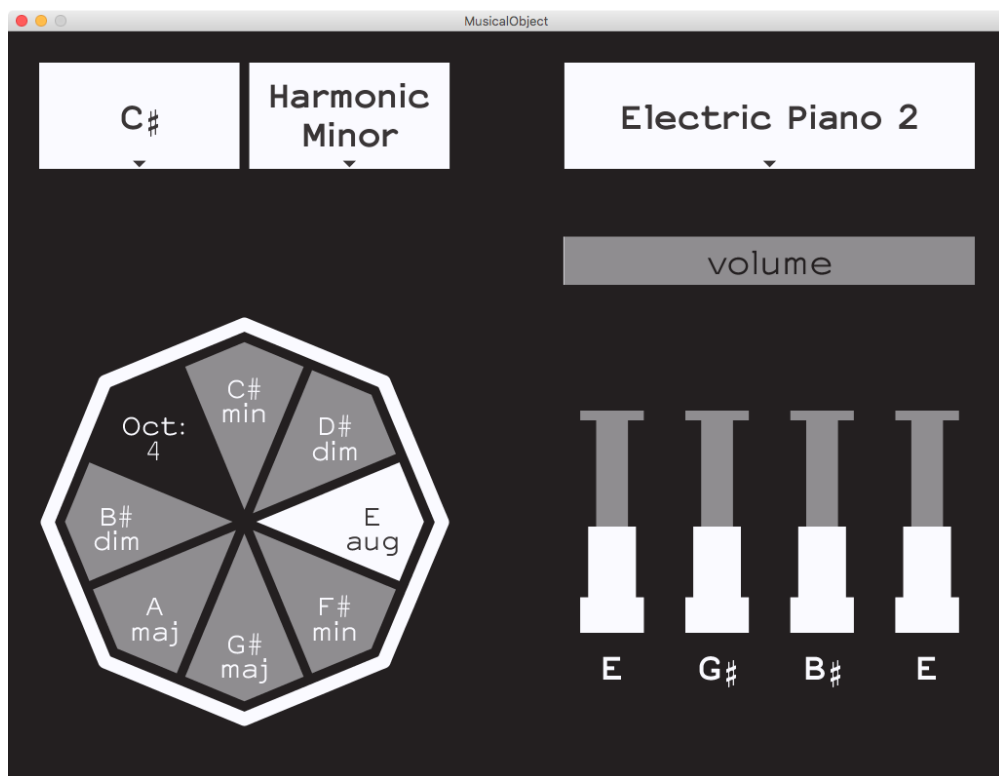


Figura 150
O utilizador parou de soprar no instrumento.

Figura 151
O utilizador está a alterar o valor mínimo de intensidade.

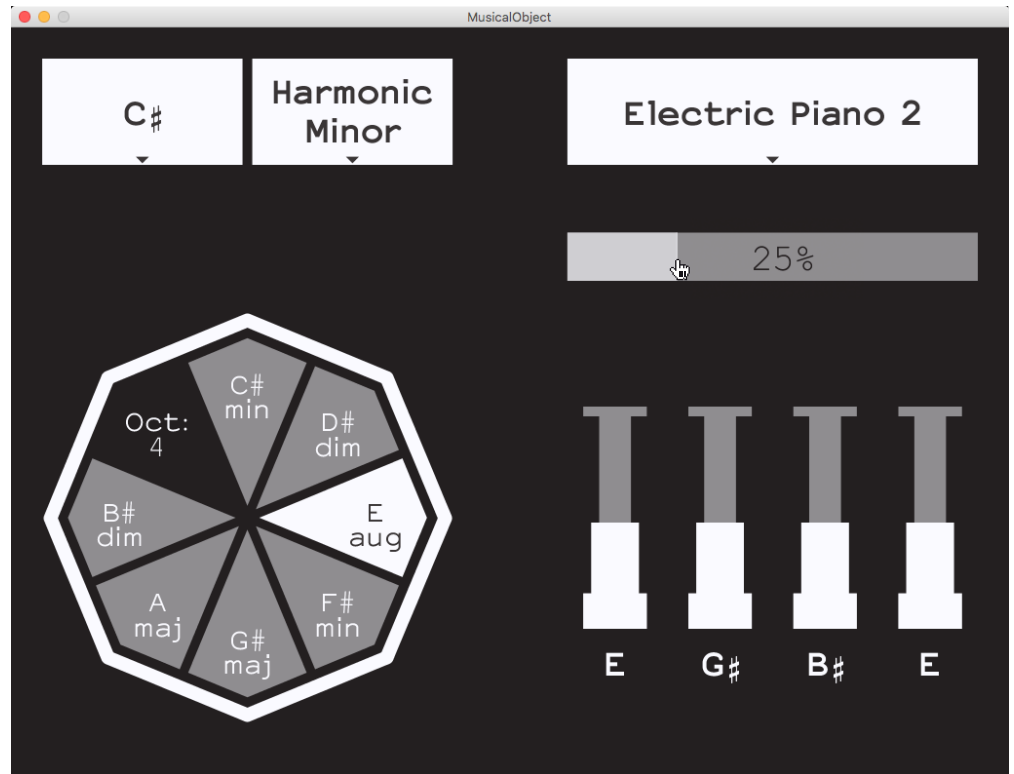
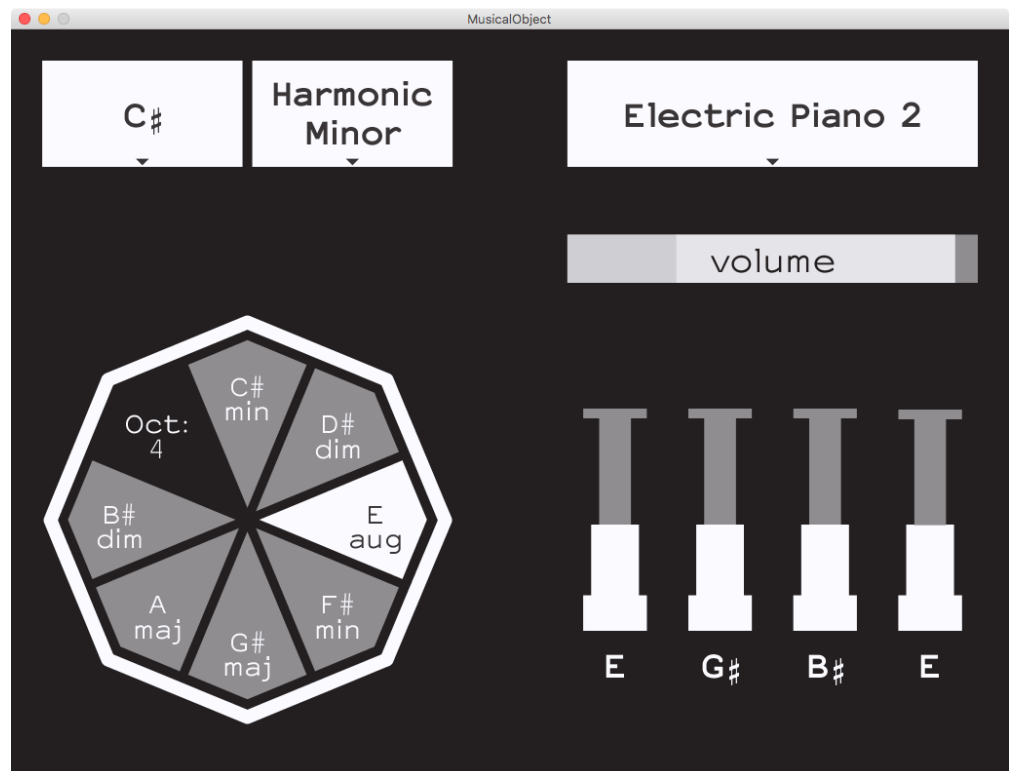


Figura 152
O utilizador sopra no instrumento e o incremento de intensidade é apresentado na barra de volume.



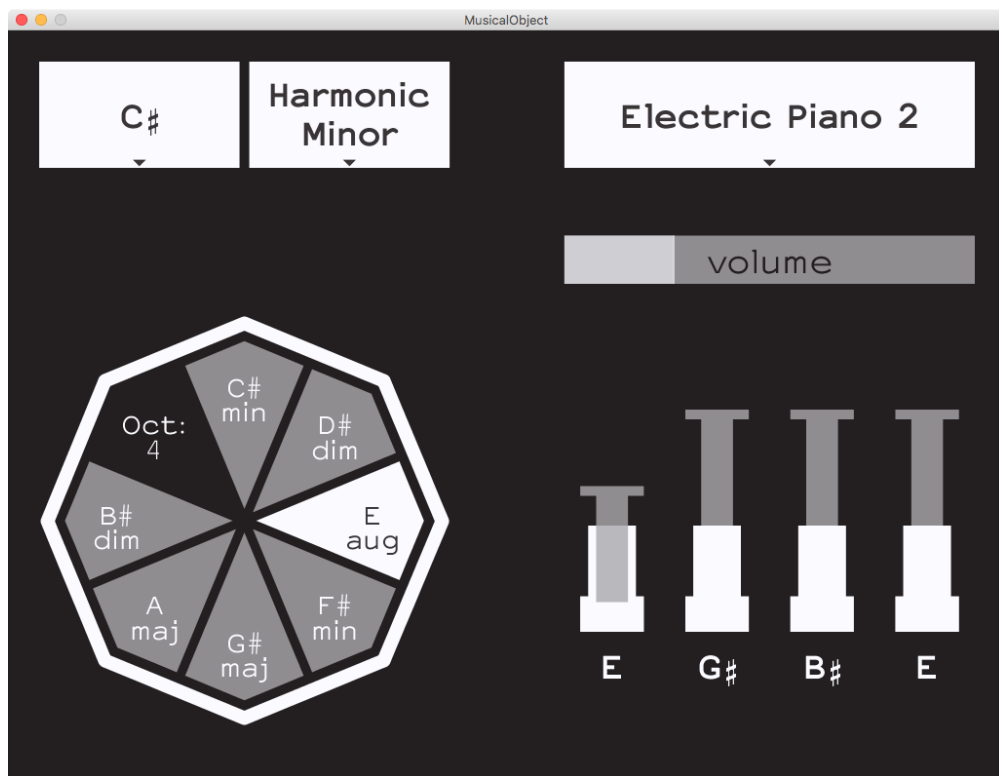


Figura 153
O utilizador está a pressionar uma das teclas do interface de toque e a sua posição actual é representada.

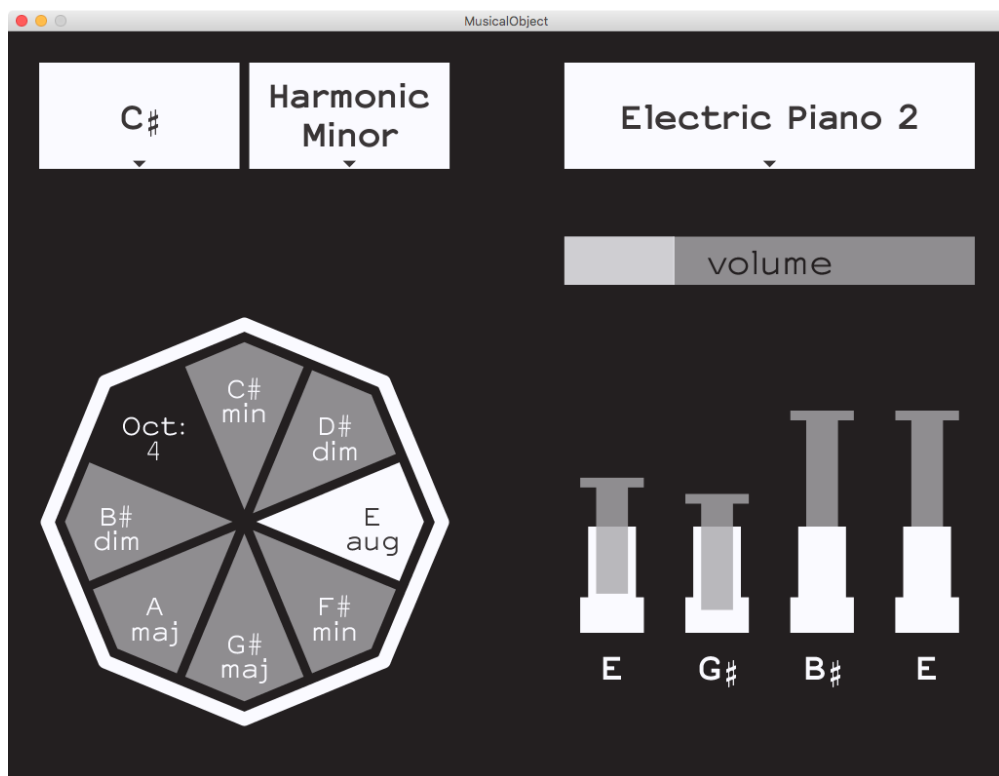


Figura 154
O utilizador está a utilizar duas teclas do interface de toque com pressões diferentes.

Figura 155
O utilizador está a pressionar todas as teclas da interface de toque.

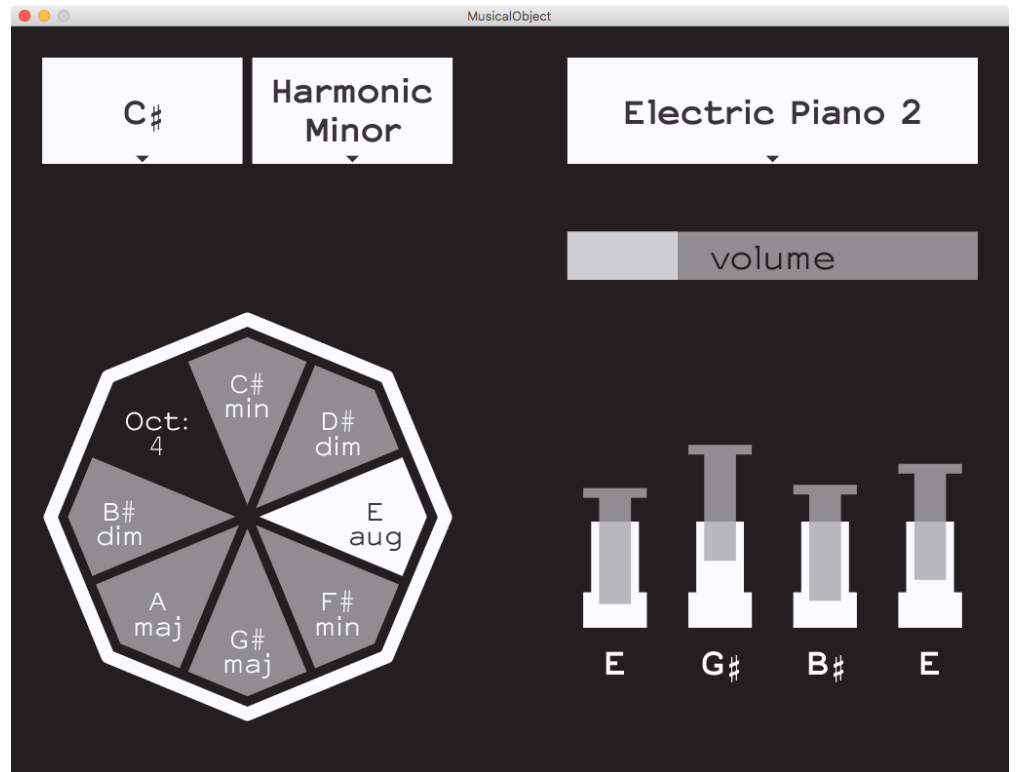
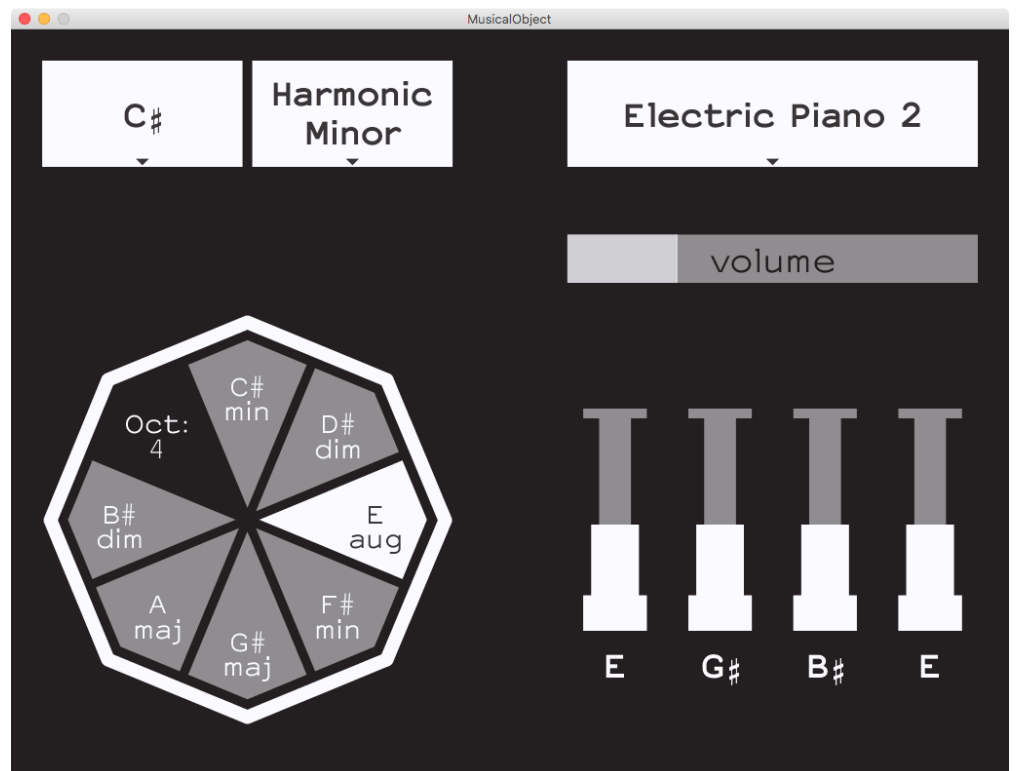


Figura 156
O utilizador parou de interagir com o interface de toque.



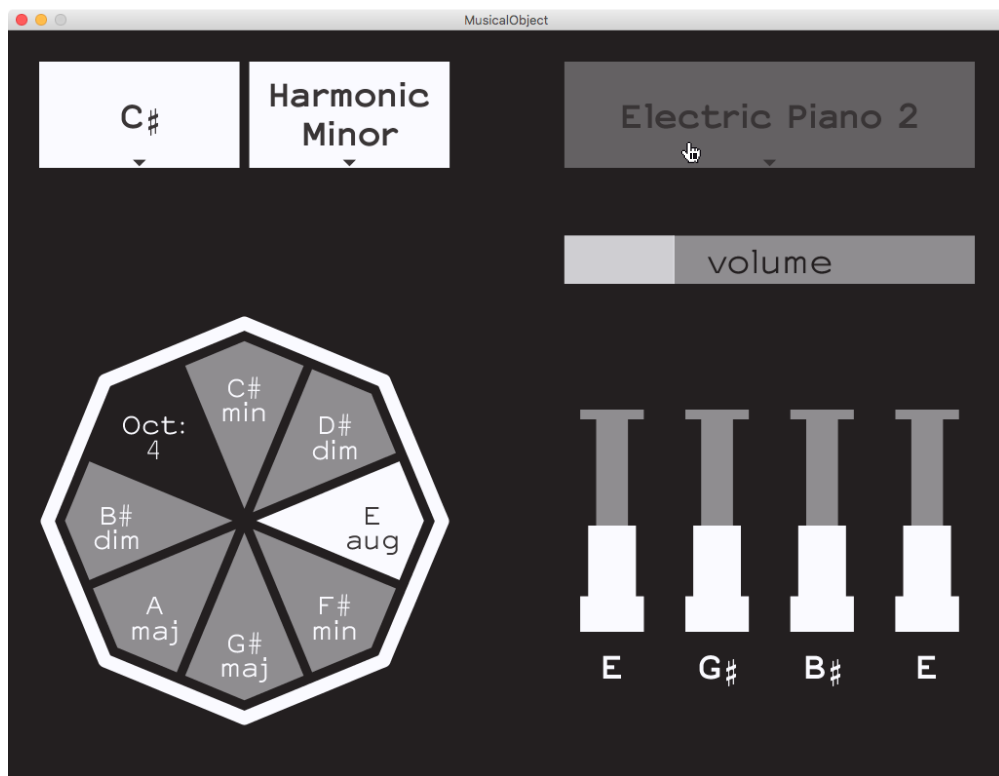


Figura 157
Decorre o *hover* no botão do menu de instrumentos.

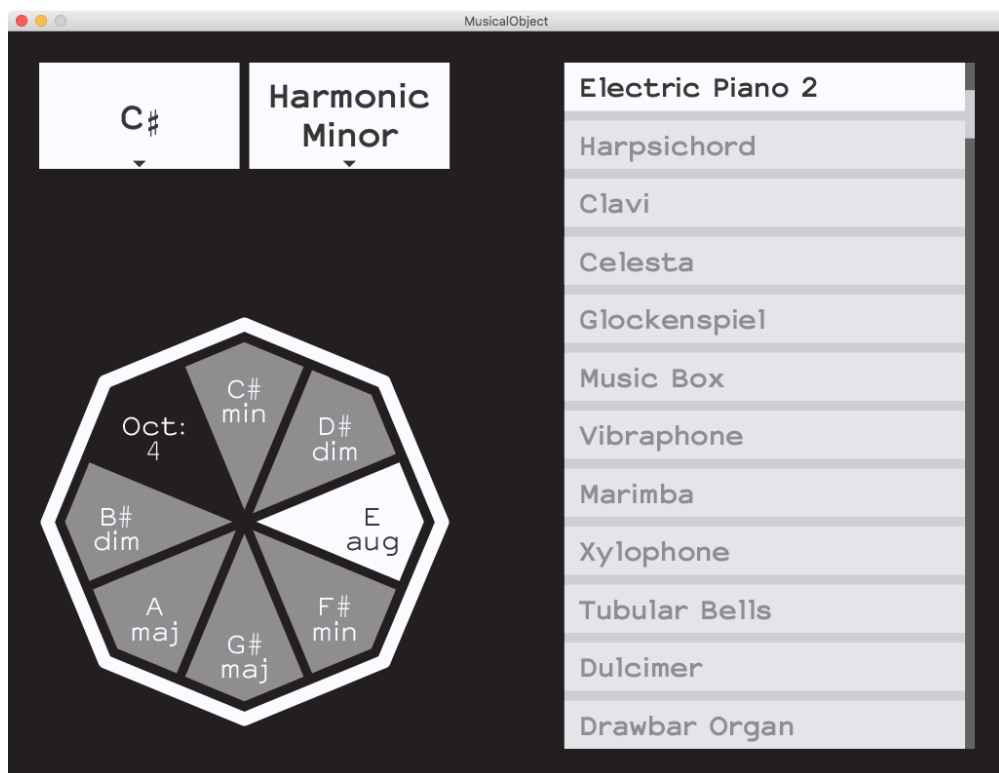


Figura 158
O utilizador seleccionou o botão e a lista foi aberta.

Figura 159
Decorre o *hover* no
instrumento Clavi.

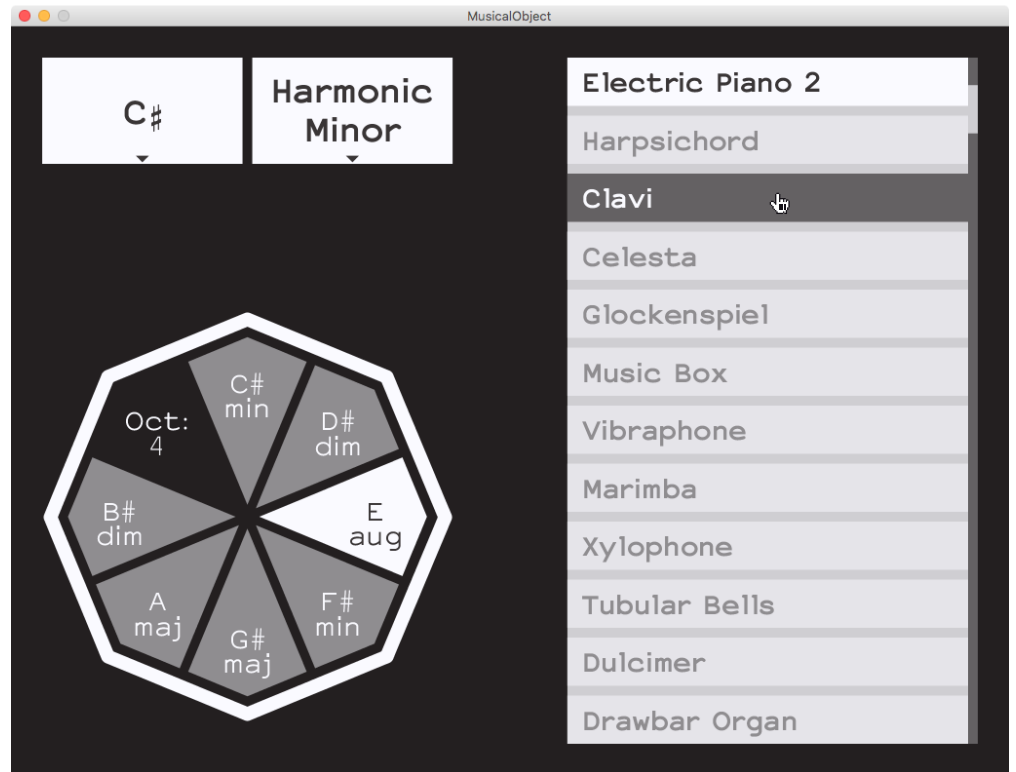
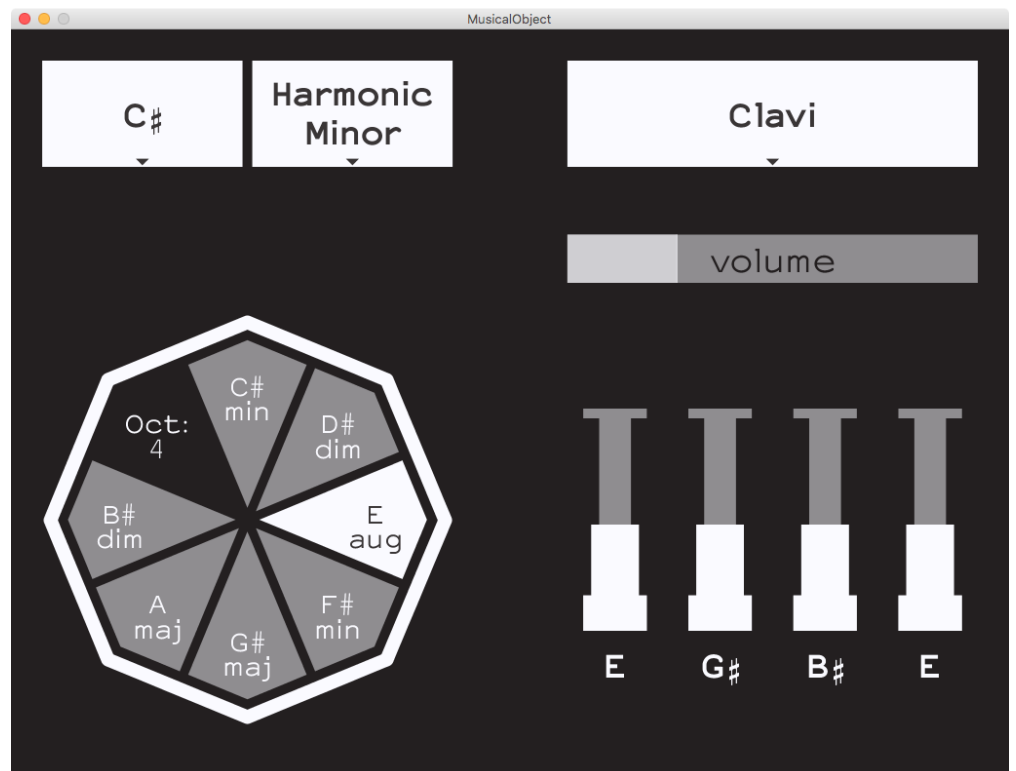


Figura 160
O instrumento
foi seleccionado.



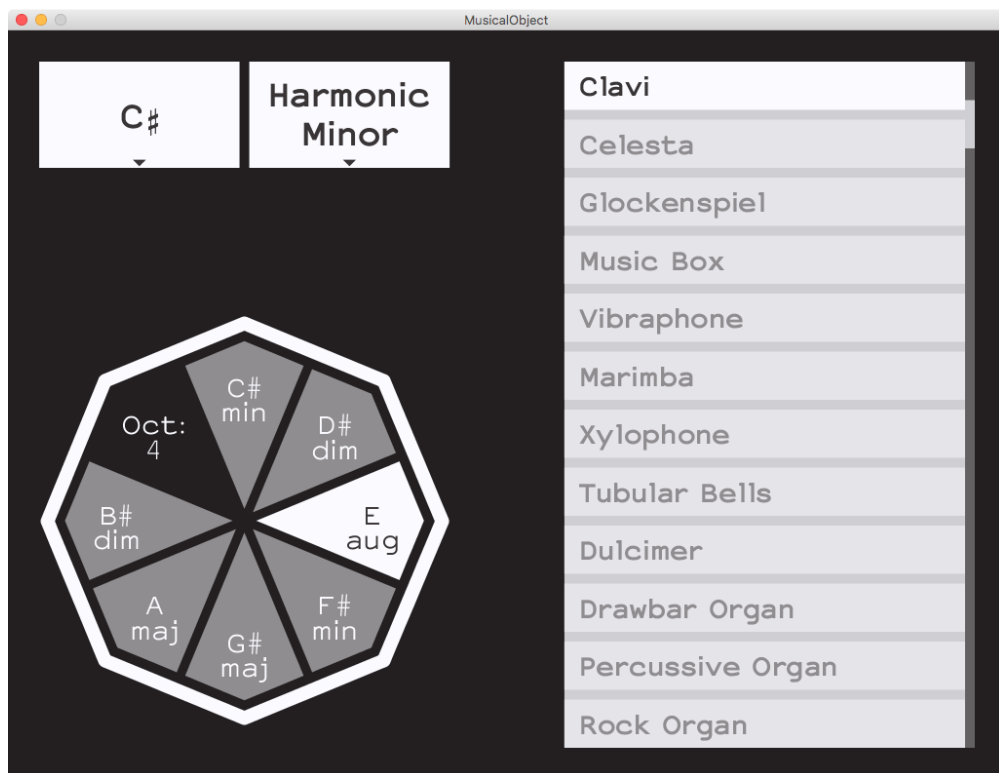


Figura 161
O utilizador reabriu a lista de instrumentos e o primeiro valor da lista passou a ser o instrumento actualmente seleccionado.

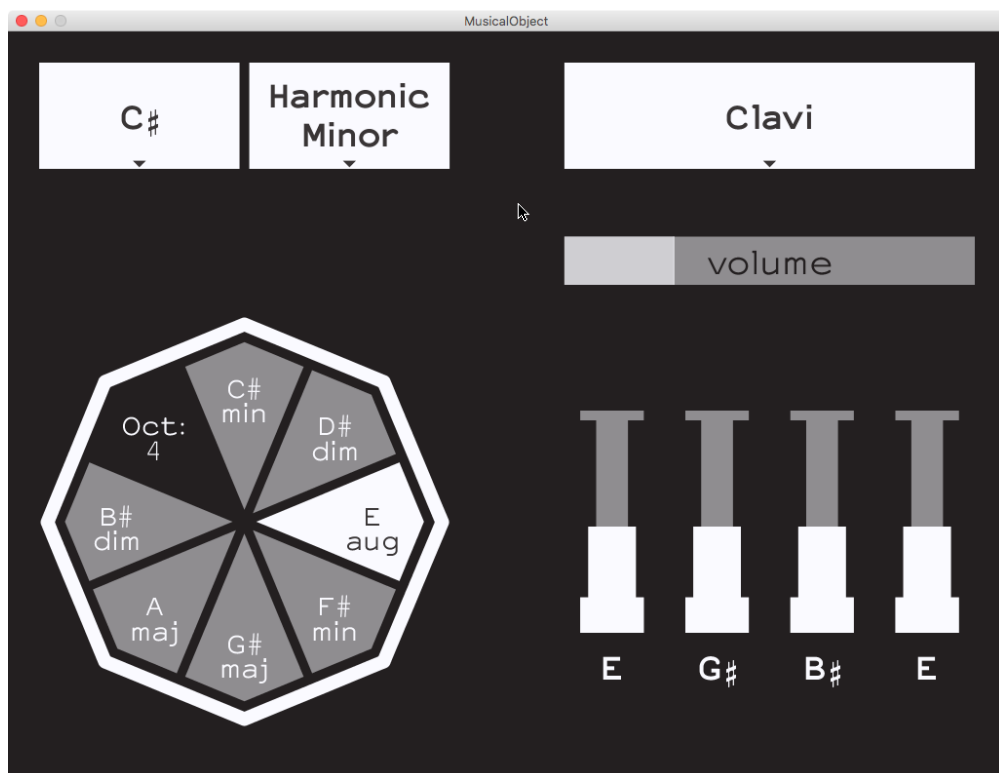


Figura 162
O utilizador clicou fora da lista, fechando-a sem que nenhum instrumento fosse seleccionado.

Figura 163
O utilizador premiu no teclado a tecla “seta para baixo” e o instrumento foi alterado para o elemento seguinte na lista.

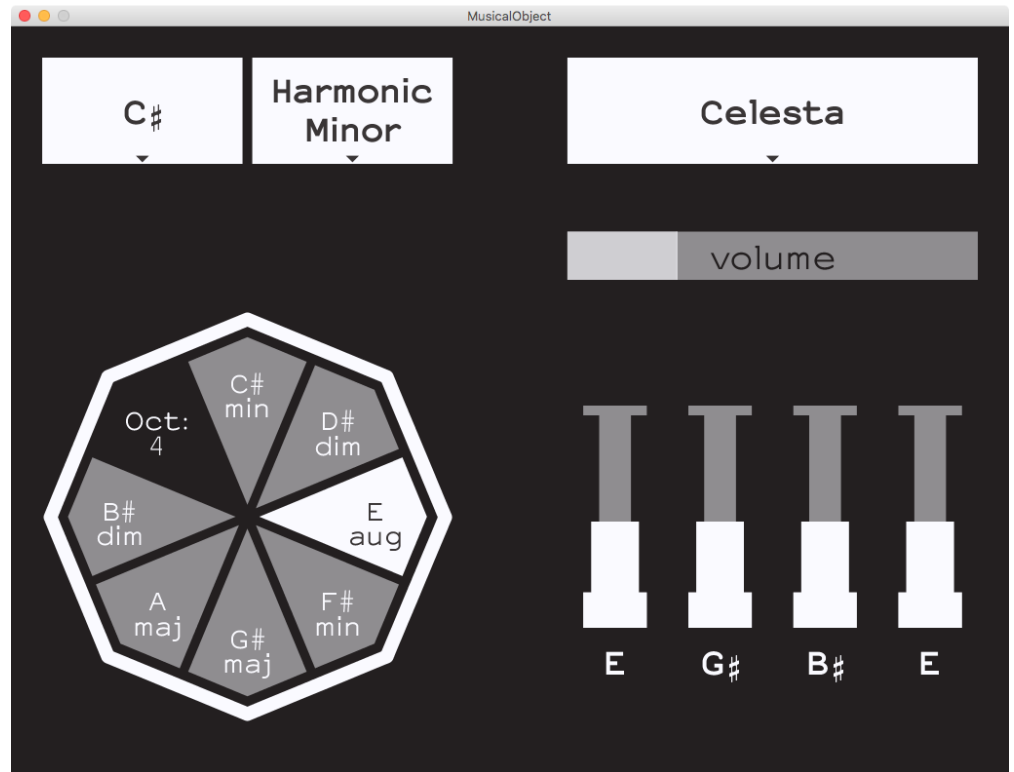
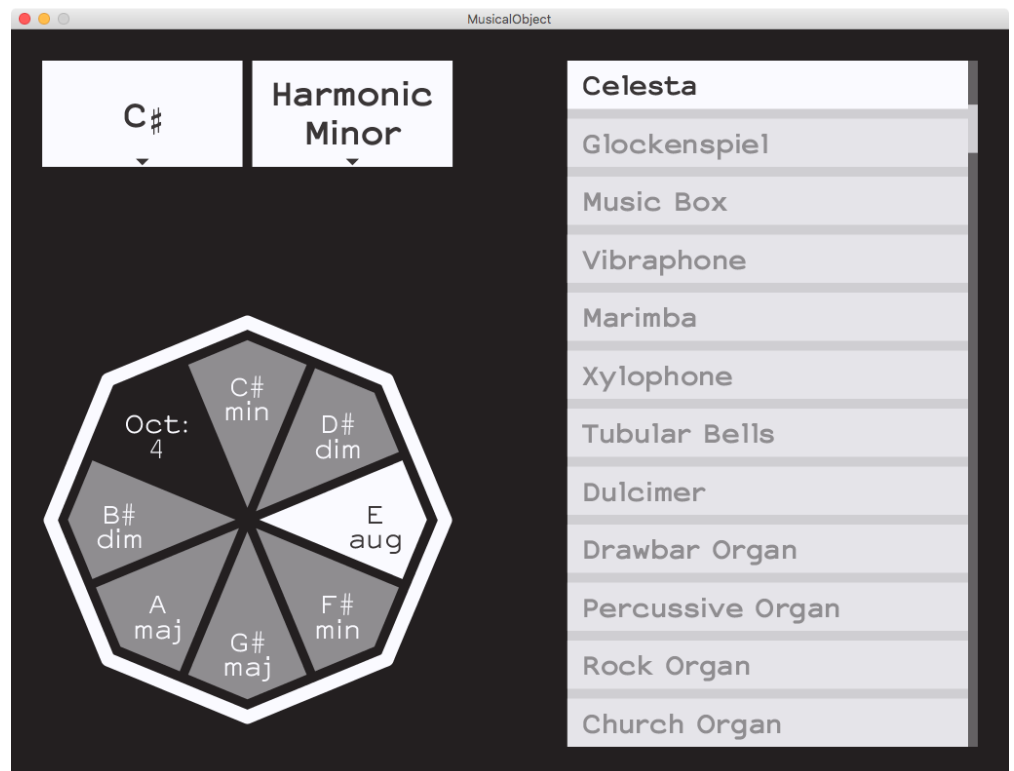


Figura 164
O utilizador voltou a abrir a lista de instrumentos.



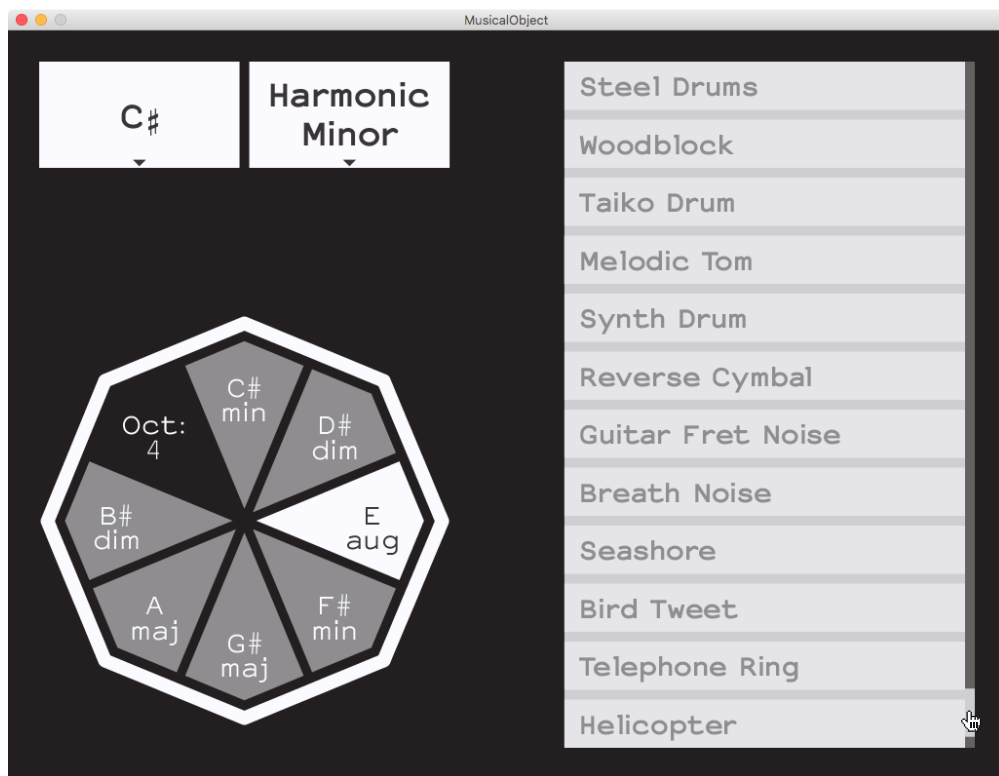


Figura 165
O utilizador fez *scroll* na lista de instrumentos através da barra de deslocamento.

Utilizar uma acção de deslocamento do rato teria exactamente o mesmo efeito.

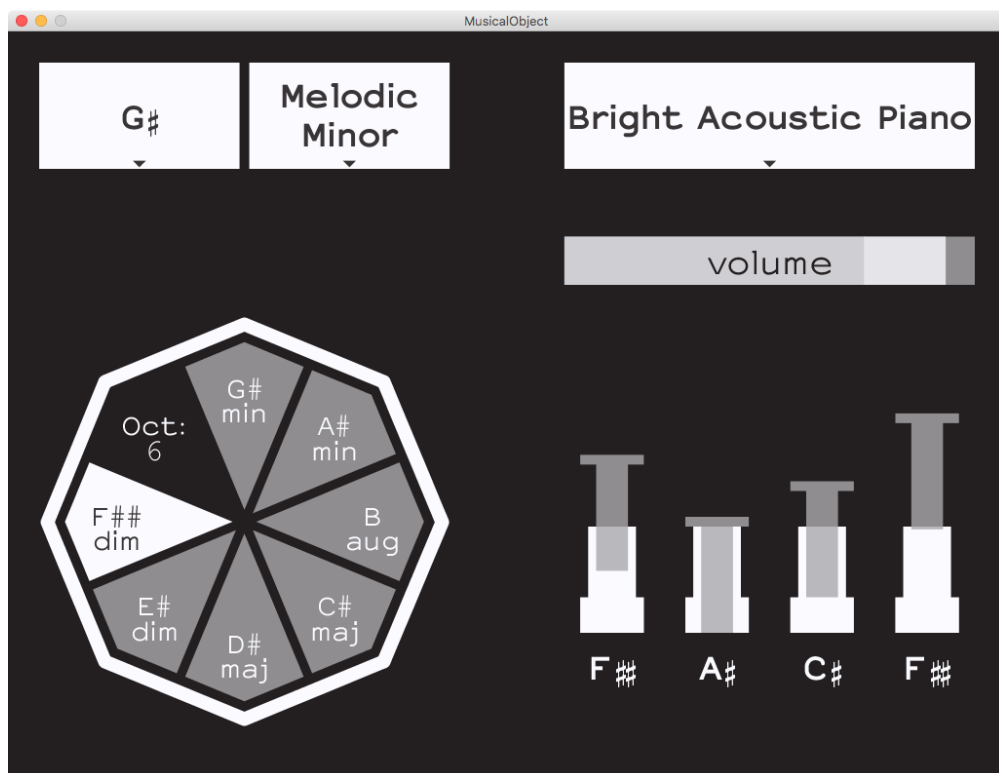


Figura 166
O utilizador reconfigurou todos os aspectos da aplicação e está a utilizar todos os elementos da interface do instrumento.

Capítulo 6

AVALIAÇÃO

Este capítulo reserva-se a apresentar os métodos de validação do projecto e as suas implicações no mesmo. Está segmentado pelos diferentes processos de avaliação, que acabaram por se influenciar entre si. São, então, apresentados por ordem cronológica para uma melhor compreensão da relação entre os mesmos.

Testes de Usabilidade (1ª fase)

Testes feitos com um primeiro protótipo, incompleto, para avaliar a qualidade das suposições que deram origem à implementação.

IHCI 2016

Apresentação do trabalho realizado no âmbito desta dissertação, sob o formato de *paper*, numa conferência dedicada à Interacção Humano-Computador.

Testes de Usabilidade (2ª fase)

Testes finais para validar o projecto e avaliá-lo no cumprimento dos seus objectivos.

Divulgação

Apresentações com o propósito não só de o divulgar, como de obter *feedback* junto de pessoas interessadas no âmbito do projecto.

Melhorias Futuras

Enunciação das possibilidades de continuidade do projecto.

6.1 Testes de Usabilidade (1ª fase)

Os primeiros testes de usabilidade foram realizados numa fase em que o sistema ainda não estava considerado acabado. Por essa razão, inicialmente não havia interesse em avaliar o protótipo no estado de desenvolvimento em que se encontrava, demonstrado na Figura 98 na página 108 e da Figura 125 na página 138 à Figura 127 na página 139.

Resultante das observações feitas ao projecto na Defesa Intermédia, chegou-se à conclusão que esta avaliação podia ser benéfica no sentido de se perceber se os conceitos que se estavam a aplicar se verificavam na interacção com vários utilizadores.

Tendo em conta o carácter de exploração do instrumento, não foram predefinidas acções a completar pelos utilizadores. Foi dada uma explicação de cada elemento da interface física e do modo de funcionamento da aplicação.

Definição de perfis de utilizador

Foram delineados dois perfis de utilizador diferentes que tiveram em conta o público alvo do produto.

Perfil A – Pessoa com conhecimentos limitados:

Utilizador que tenha alguma experiência com pelo menos um instrumento musical melódico. Não se distingue o nível de destreza com que consegue tocar o instrumento.

Este perfil refere-se tanto a pessoas que tenham aprendido a tocar um instrumento mas que actualmente não pratiquem, como pessoas que tenham contacto regular com instrumentos musicais.

Os conhecimentos de teoria musical deste utilizador devem-se restringir ao básico e a sua destreza a tocar um instrumento deve ser essencialmente empírica.

Admitem-se utilizadores que estejam familiarizados com os conceitos de tom, tonalidade, escala e acorde desde que não saibam aplicar a sua teoria.

Perfil B – Pessoa sem conhecimentos:

Utilizador que, apesar de poder ter tido algum contacto com instrumentos musicais, nunca tenha aprendido a tocar nenhum.

Os conhecimentos de teoria musical de um utilizador com este perfil devem ser, idealmente, inexistentes.

Admitem-se utilizadores cuja única formação musical tenha sido a oferecida pela área disciplinar de Educação Musical da Matriz Curricular do 2º Ciclo do Ensino Básico.

Decidiu-se que o Perfil A era o mais adequado à avaliação do sistema, por ser um perfil que caracteriza utilizadores que têm à partida interesse em exprimir-se musicalmente. No entanto, o Perfil B também foi considerado importante na medida em que se pode perceber a maneira como alguém que nunca procurou exprimir-se musicalmente o faz com as possibilidades que este sistema oferece.

Atenderam-se a estas considerações e escolheram-se três utilizadores com o Perfil A e um utilizador com o Perfil B.

Análise dos testes

Todos os utilizadores tiveram dificuldades em interagir com a interface de toque. A disposição pouco intuitiva e a difícil operação das teclas implicava que os utilizadores tivessem de dividir a sua atenção entre a interface de toque e a aplicação. Considerou-se que esta dificuldade tinha tido impacto na qualidade dos resultados obtidos ao impedir que o utilizador se concentrasse na experiência de expressão musical.

Um dos utilizadores, Perfil A, é esquerdino e teve mais dificuldades em utilizar o sistema, quando comparado com os restantes utilizadores.

Já mencionado na página 105, relativa à interface gráfica, a disposição do octógono confundiu alguns utilizadores.

Avaliação pelos utilizadores

Apenas dois utilizadores, ambos do Perfil A, acharam que se serviriam da aplicação como meio de expressão musical, no

estado de desenvolvimento em que se encontrava. Os restantes admitiram a possibilidade caso houvesse melhoramentos dos problemas mencionados.

Melhorias implementadas

Para corrigir os problemas apresentados pela interface de toque, fizeram-se os esforços documentados na Secção 5.2.1, da página 91 à 96, para conceber uma interface simétrica, ergonómica e que exigisse menos esforço na sua utilização.

A disposição do octógono foi alterada de modo a representar a forma delimitadora do *joystick*.

6.2 IHCI 2016

Em Março de 2016, teve-se conhecimento da IHCI 2016, a 10^a Conferência Internacional em Interfaces e Interacção Humano-Computador — 10th International Conference on Interfaces and Human Computer Interaction —, que decorreria de 1 a 4 de Julho no Funchal, Madeira.

Visando a validação do projecto, não só por parte do comité de avaliação como dos participantes da conferência, preparou-se um *short paper* (Anexo C), sujeito a aprovação, descrevendo a solução desenvolvida.

A escrita deste documento contou com a interface gráfica desenvolvida na sua segunda versão, descrita nas páginas 140 à 143 e demonstrada da Figura 128 à Figura 133.

Avaliação do projecto

Na revisão a que foi submetido, o projecto foi considerado pela sua originalidade e relevância para a conferência. O *paper* foi aprovado, segundo esses critérios, o que originou a oportunidade de o apresentar na conferência.

A apresentação cumpriu os objectivos e o tema foi bem recebido, cativando não só os participantes como os restantes oradores e dando assim origem a várias intervenções.

Foram colocadas algumas questões sobre a fundamentação do sistema desenvolvido que a extensão máxima do formato *short paper* a ser submetido, 5 páginas, não permitiu que fosse incluída no documento.

Sugestões de melhorias

Desta apresentação surgiram também algumas sugestões para o projecto, que serão relatadas de seguida.

Mostrar o nome dos acordes e dos tons das notas na visualização em vez da notação numérica apresentada, para que utilizadores mais experientes pudessem tirar partido dos seus conhecimentos.

Incluir na lista de tons os equivalentes enarmónicos por nem todas as escalas preferirem o mesmo enarmónico para a construção em certos tons.

Utilizar o Círculo de Quintas para fazer a escolha dos acordes em vez de apresentar os sete acordes da progressão de uma escala.

Incluir nos testes de usabilidade um perfil de utilizador que superasse o público alvo nas características avaliadas para perceber, eventualmente, outras maneiras de utilizar o interface.

Análise das sugestões

Apresentar os nomes dos tons e dos acordes implicaria alterações trabalhosas na aplicação. No entanto, e apesar do público alvo não tirar partido dessa informação, músicos experientes poderiam pôr em prática os seus conhecimentos. Considerou-se que a alteração não iria influenciar a utilização dos utilizadores menos experientes e que esta alteração seria benéfica, tendo-se prosseguido à implementação da mesma.

A inclusão dos equivalentes enarmónicos dos tons apresentados já era um passo previsto.

A utilização do Círculo de Quintas, apresentado na Figura 40 na página 73, permitiria aumentar a lista de acordes a escolher. Para além de implicar a alteração do *joystick*, factor pouco decisivo, considerou-se que a implementação desta característica não resultaria neste sistema, na medida em que os acordes não estariam restritos a uma das escalas escolhidas. No entanto, ficou a sugestão para futuros desenvolvimentos para utilizadores experientes.

A integração de um utilizador mais experiente a nível musical nos testes usabilidade foi valorizada na medida em que, apesar de não contar para a validação dos objectivos deste projecto, seria um caso que podia ajudar a perceber melhor as limitações e as possibilidades do sistema. Como tal, foi tido em conta nos testes de usabilidade finais, descritos na secção seguinte.

6.3 Testes de Usabilidade (2ª fase)

Estes testes de usabilidade foram feitos depois de o desenvolvimento do projecto se considerar concluído, para o avaliar no cumprimento do seu propósito. O protótipo físico encontrava-se na sua segunda versão, descrita na Subsecção 5.3.2, e a aplicação na terceira versão, apresentada na Subsecção 5.5.3.

No sentido de analisar comparativamente as duas fases de teste, seguiu-se a abordagem anteriormente seguida. Explicou-se o funcionamento do instrumento e pediu-se apenas que os utilizadores explorassem o sistema da maneira que preferissem.

Definição de perfis de utilizador

Para além dos perfis definidos na primeira fase de testes de usabilidade, foi criado mais um perfil de utilizador que reflecte a sugestão mencionada na conferência IHCI 2016.

Perfil C – Pessoa com conhecimentos extensos:

Utilizador que tenha contacto frequente com pelo menos um instrumento melódico, dominando-o com destreza.

Os seus conhecimentos de teoria musical devem ser abrangentes, dominando os conceitos abordados na secção teórica, entre outros.

Admitem-se músicos profissionais ou amadores, desde que tenham facilidade em exprimir-se musicalmente com um instrumento.

Em adição aos utilizadores que participaram na 1ª fase de testes, foram incluídos mais três utilizadores, um de cada perfil definido.

Análise dos testes

Todos os utilizadores operaram facilmente cada uma das interfaces.

Após uma descrição dos elementos da interface gráfica, a interacção com cada um deles foi intuitiva, sem que mais esclarecimentos tivessem sido necessários.

Cada utilizador explorou o som de várias opções da lista de instrumentos, sem que lhes fosse pedido. Um dos utilizadores, do Perfil A, experimentou todos os instrumentos.

Os utilizadores do Perfil B precisaram que lhes fossem dados alguns exemplos de execução para começarem a utilizar o instrumento.

O utilizador do Perfil C percebeu de imediato o funcionamento da aplicação. Foi capaz de escolher os acordes em função dos tons que pretendia tocar (utilização inversa à pretendida).

Este utilizador explorou ainda extensivamente a funcionalidade de *pitchbend* para obter tons fora da escala.

Avaliação pelos utilizadores

Todos os utilizadores consideraram a aplicação apropriada como meio de expressão musical.

Um dos utilizadores (Perfil A) definiu a aplicação como sendo também um meio viável de consultar os acordes de cada escala, tendo explorado a aplicação de modo a aproveitar esta faceta.

O utilizador do Perfil C mencionou que se pudesse escolher os acordes do octógono poderia tocar muito mais músicas.

Melhorias em relação à 1ª fase de testes

Os utilizadores que não tinham realizado a 1ª fase de testes habituaram-se mais rapidamente ao sistema, quando comparado com os outros utilizadores na sua primeira experiência.

Passando essa fase de habituação, de alguns minutos, todos os utilizadores conseguiram operar o instrumento sem olhar para o mesmo, guiando-se pelo *feedback* dado na aplicação.

A integração da escolha de instrumentos teve um papel importante na personalização da aplicação.

O instrumento cativou mais os utilizadores, quando comparado com o primeiro protótipo, levando a uma maior exploração do sistema.

O utilizador esquerdino conseguiu operar o instrumento com a mesma facilidade que os restantes utilizadores.

6.4 Registo Audiovisual

Com o intuito de documentar a utilização do instrumento, fizeram-se registos audiovisuais de várias sessões utilizando o protótipo final (na sua terceira versão). Procurou-se captar e demonstrar a sua adaptação a diferentes contextos artísticos, variando as condições e os conhecimentos musicais do utilizador.

Com este propósito, registou-se a utilização do instrumento com vários utilizadores preenchendo os três perfis de utilizador definidos, apresentados da Figura 167 à Figura 170.

Documentou-se a utilização do instrumento tocado em simultâneo com uma música já existente — Black Sands, interpretada por Bonobo —, escolhida por parte do utilizador (Figura 167). Definiu-se a escala da música e os acordes mais frequentes e o utilizador, do Perfil B, acompanhou a música com várias frases melódicas, demonstrando a fácil adaptação do instrumento a esta vertente de utilização.

Gravou-se também o instrumento acompanhado por instrumentos musicais tradicionais entre os quais o Bandolim, a Guitarra Portuguesa de Coimbra e o Cavaquinho (Figura 171 à Figura 173).

Registou-se ainda o instrumento quando tocado enquanto o próprio utilizador canta (Figura 174), vertente que se tornou possível ao remover a obrigatoriedade do uso da interface de sopro.



Figura 167
Tiago Rodrigues,
utilizador do Perfil B

Figura 168
Flávio Costa,
utilizador do Perfil A



Figura 169
Bruno Oliveira,
utilizador do Perfil A



Figura 170
João Neves,
utilizador do Perfil C





Figura 171
Utilização do instrumento
com um Bandolim



Figura 172
Utilização do instrumento
com uma Guitarra
Portuguesa de Coimbra



Figura 173
Utilização do
instrumento com um
Cavaquinho Português

Figura 174
Utilização do instrumento
simultaneamente
com o canto



Os locais onde a documentação foi realizada foram deixados ao critério dos utilizadores, que preferiram as suas próprias casas por se sentirem mais descontraídos. Apesar das condições de captação de imagem não terem sido, por isso, ideais, considerou-se que a desinibição dos utilizadores seria prioritária por permitir melhores performances.

Por outro lado, o registo do som foi sempre cuidado, tendo sido utilizado não só um microfone para captar o som ambiente mas também a placa de som do computador para gravar o som do sintetizador sem interferências.

Durante a conjugação com outros instrumentos musicais surgiu o interesse em registar também a utilização de duas unidades do instrumento desenvolvido neste projecto a tocar em simultâneo. A variedade de timbres e de possibilidades de melodias proporcionaria inúmeras conjugações.

No entanto optou-se por não o fazer, atendendo aos custos envolvidos na execução dessa hipótese e considerando que não faria parte dos objectivos propostos para o projecto.

Em alternativa, poderia ser interessante utilizar um sistema sequenciador, que permitiria gravar melodias para depois tocar outras por cima. Não se concretizou a inclusão dessa funcionalidade no instrumento, pelas razões supramencionadas, e foi incluída na próxima secção como sugestão de continuidade do projecto.

6.5 Divulgação

Na fase final do desenvolvimento desta dissertação, surgiu a oportunidade de a apresentar a dois grupos de pessoas interessadas no seu âmbito de desenvolvimento.

As apresentações tiveram lugar nos dois departamentos de estudo do Mestrado em Design e Multimédia, tirando partido da sua multidisciplinaridade para obter apreciação e sugestões de melhoria junto de diferentes áreas profissionais.

DARQ

A primeira, feita para doutorandos do Departamento de Arquitectura (DARQ) da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, no dia 24 de Fevereiro de 2017, teve o formato de demonstração interactiva, de cariz exploratório.

O instrumento foi bem aceite, tendo sido testado por alguns investigadores. Surgiu ainda a sugestão de incluir crianças nos testes de usabilidade, para avaliar a aceitação junto de um mais um tipo de público e eventualmente perceber novas possibilidades, como aconteceu com os testes de usabilidade anteriores.

DEI

A segunda acção de divulgação foi feita para o Cognitive and Media Systems Group (CMS) do Centro de Informática e Sistemas da Universidade de Coimbra (CISUC) e para o Sound and Music Computing (SMC) Group do Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência (INESC TEC), no Departamento de Engenharia Informática (DEI) da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, no dia 24 de Maio de 2017.

Esta apresentação teve como objectivo expor os detalhes técnicos do processo de progressão do instrumento. Surgiram algumas sugestões de possibilidades de exploração e ainda a proposta para conjugar o instrumento com alguns projectos desenvolvidos pelo SMC Group com objectivos semelhantes.

6.6 Melhorias futuras

Esta secção descreve um processo de avaliação do produto final que resulta numa lista de melhoramentos que podem ser acrescentados ao sistema no sentido de o evoluir para além dos objectivos propostos. Segundo Miller Puckette, criador do *software* Max/MSP, “para qualquer instrumento musical ser realmente bem sucedido tem que ser algo no qual se possa desenvolver virtuosismo” (2012). Foi precisamente nessa direcção que o projecto se desenvolveu nas suas etapas mais recentes.

Personalização

Analisando o estado da aplicação, verifica-se que podem ser ainda implementadas outras opções de personalização.

Uma possibilidade seria a calibração total dos sensores, permitindo ao utilizador alterar os valores de pressão máxima e mínima das interfaces de sopro e de toque, assim como o ponto de activação do efeito de *pitchbend* da interface de toque. Procurou-se este tipo de personalização na integração da válvula na interface de sopro, mas a calibração do sensor permitiria sem dúvida um ajuste mais preciso das preferências do utilizador.

Pode-se ainda implementar um módulo de mapeamento entre as interfaces e os aspectos do som que controlam. Permitir, por exemplo, à configuração da interface de sopro controlar o efeito *pitchbend* e à de toque controlar a intensidade de cada um dos tons.

Outra abordagem que se pode seguir é a exploração do funcionamento de outros instrumentos. À semelhança de um acordeão, poder-se-iam tocar acordes apenas com uma das mãos, através do *joystick*, e com a outra mão tocar melodias que complementassem os acordes.

Público alvo

Atendendo aos comentários feitos à aplicação durante a apresentação na IHCI 2016, registou-se que manifestou um grande interesse na adaptação do sistema a músicos experientes.

Para além da aplicação do Círculo das Quintas, podem ser acrescentadas outras funcionalidades como mudar os tons das notas de cada dedo, resultando em acordes mais complexos.

É de notar ainda que a construção da aplicação previu a possibilidade de introdução de novas tonalidades e de novas qualidades de acorde. Neste momento apenas é possível realizá-lo através da alteração do código da aplicação, mas podem ser estudadas maneiras de incluir essa opção na interface gráfica.

Foi também mencionado nos testes de usabilidade que a possibilidade de escolha dos acordes presentes no octógono permitiria tocar mais músicas. Esta será uma hipótese a considerar no sentido em que pode ser uma maneira mais fácil de escolher os acordes, para músicos que saibam quais os que pretendem utilizar. Esta implementação possibilitaria ainda tocar músicas mais complexas, compostas por secções em escalas diferentes.

Considerou-se ainda, durante o registo audiovisual, que seria interessante incluir um sistema de ciclos, como um sequenciador. Ou seja, a possibilidade de gravar trechos musicais que vão sendo tocados continuamente, podendo combinar-se várias melodias em simultâneo. Há vários sistemas já desenvolvidos para este efeito, mas também seria possível incluir esta funcionalidade na aplicação.

Interfaces

Podem-se também explorar outros métodos de interacção e outros tipos de interface física. A substituição do *joystick* por outra interface de selecção que permita a inclusão de mais possibilidades pode ser incluída, visando utilizadores mais experientes com o sistema.

A adaptação de interfaces de outros instrumentos pode diversificar as opções na criação musical. Por exemplo, os pedais de um piano permitem activar funcionalidades como: deixar que as notas que estão a ser tocadas em dado momento não cessem quando se largar as teclas, deixar que todas as notas continuem a tocar mesmo quando as teclas já não estão a ser premidas e até o efeito de surdina, que faz com que a duração máxima das notas seja menor e o seu som mais abafado.

A interpretação de gestos para realizar as acções previstas na aplicação, como subir ou descer de oitava, também pode ser uma abordagem interessante em termos performativos.

Portabilidade

No que diz respeito à portabilidade do instrumento ainda há várias possibilidades de evolução. A robustez do objecto pode ser melhorada e é possível ainda explorar tecnologias sem fios para fazer a comunicação com o computador, como é exemplo o Bluetooth, eliminando a necessidade de um cabo USB, que utiliza uma conexão mais frágil e limitadora em termos de movimentação do utilizador.

Pode-se ainda estudar a hipótese de utilizar o instrumento como um dispositivo MIDI, comunicando directamente com um sintetizador. Esta opção implicaria uma maior aprendizagem do sistema, na medida em que excluiria a interface gráfica, mas aumentaria a versatilidade do instrumento ao oferecer a possibilidade de ser utilizado com qualquer sintetizador, físico ou virtual.

Educação

Analisando os testes de usabilidade, conclui-se que a aplicação pode funcionar também como ferramenta de educação musical.

Os algoritmos que dizem respeito à implementação dos conceitos teóricos e da sua tradução em resultados fáceis de compreender podem ser aproveitados para a criação de aplicações didácticas, sejam lúdicas ou de consulta.

Exploração

Com o intuito de avaliar as possibilidades de utilização do instrumento e a sua aplicação em várias vertentes da performance musical, pretende-se que sejam realizadas várias experiências de utilização com vários tipos de público diferentes.

Objectiva-se incluir desde crianças, como foi sugerido e mencionado na secção anterior, a músicos profissionais e artistas performativos, entre outros que possam vir a ser considerados relevantes para a evolução do projecto.

A exploração do objecto por utilizadores distintos, através do emprego do seu cunho pessoal tanto na expressão musical como na própria utilização do instrumento, poderá despertar outros propósitos para o projecto para além dos previstos inicialmente.

Divulgação

Pretende-se que sejam realizadas outras acções de divulgação, no seguimento das apresentadas na secção anterior.

Para além disso, e para que o trabalho desenvolvido possa influenciar e auxiliar outros projectos que pretendam abordar os temas estudados, prevê-se a criação de um *website* informativo, onde deverá ser exposta toda a documentação existente, assim como os desenvolvimentos futuros do instrumento musical.

Capítulo 7

CONCLUSÃO

O desenvolvimento da dissertação *Objectos Musicais* consistiu na concepção de um instrumento musical que permite a exploração e a criação musical a pessoas que não tenham conhecimentos para o fazer através das opções já existentes.

A elaboração de um estudo teórico completo permitiu distinguir quais os aspectos do som que o utilizador precisa de controlar para que se possa exprimir musicalmente, dos aspectos que podem ser automatizados para facilitar essa expressão. A extensa pesquisa realizada tornou claro o seu papel fulcral na fundamentação e na definição coerente da abordagem do projecto.

A investigação teórica e prática que implicou a concepção dos vários componentes do objecto teve um grande impacto na familiarização com este tipo de ferramentas, cujo desenvolvimento oferece cada vez mais possibilidades na materialização de projectos no âmbito do Design e Multimédia, tanto pelo emprego de sensores electrónicos como pela criação de aplicações audiovisuais.

O desenvolvimento da aplicação e a integração de tecnologias usadas a nível profissional na área da música foi um processo estimulante, por se tratar de uma área de interesse pessoal, e que, apesar de laborioso, permitiu a aquisição de competências pessoais.

Os processos de avaliação, nomeadamente a realização de testes de usabilidade em contexto real e a apresentação do projecto a peritos nas matérias de interacção, permitiram a identificação de aspectos que de outra maneira teriam passado despercebidos devido à análise naturalmente tendenciosa que se fez das decisões tomadas.

Atendendo ao sucesso dos testes de usabilidade e dos registos da utilização do protótipo final, considera-se que os objectivos foram cumpridos e, devido à versatilidade da implementação, concede-se espaço para que o projecto seja continuado, explorando outras possibilidades de interacção ou adaptando-o para outro tipo de finalidade, como está descrito no capítulo anterior.

O produto desta investigação é apenas uma proposta de solução que, transmitindo os conceitos estudados, poderá ser a força motriz para a realização de outros projectos que visem colmatar as lacunas identificadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDWELL, Edward; SCHACHTER, Carl; CADWALLADER, Allen — *Harmony & Voice Leading*. Boston: Schirmer, 2011. ISBN 9780495189756.

ARDUINO AG — *Arduino - Introduction* [Em linha]. Arduino.cc, 2017. [Consult. 1 Set. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>.

BECK, Taylor — *When the beat goes off: Errors in rhythm follow pattern, physicists find* [Em linha]. Harvard: Harvard Gazette, 2012. [Consult. 1 Set. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://news.harvard.edu/gazette/story/2012/07/when-the-beat-goes-off/>>.

BOYT, Zachary — *Gesture-Sensing Technology for the Bow : A Relevant and Accessible Digital Interface for String Instruments*. Dissertação de mestrado não publicada. Master of Arts, Western Michigan University's School of Music. Kalamazoo: 2014.

BURK, Phill [et al.] — *Music and Computers A Theoretical and Historical Approach* [Em linha]. Nova Iorque: Computer Music Center at Columbia University, 2011. [Consult. 1 Set. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://cmc.music.columbia.edu/MusicAndComputers/>>.

CHO, Peter — *Takeluma : An Exploration of Sound, Meaning, and Writing*. Dissertação de mestrado não publicada. Master of Fine Arts, Department of Art at University of California, Los Angeles. Los Angeles: 2005.

CIPRIANI, Alessandro; GIRI, Maurizio — *Electronic Music and Sound Design : Theory and Practice with Max/MSP*. 1ª ed. Vol. 2. Roma: ConTempoNet, 2014. ISBN 9788890548444.

CIPRIANI, Alessandro; GIRI, Maurizio — *Electronic Music and Sound Design : Theory and Practice with Max/MSP*. 2ª ed. Vol. 1. Roma: ConTempoNet, 2010. ISBN 9788890548406.

COLLINS, Nicholas — “Low Brass: The Evolution of Trombone-Propelled Electronics”. Em *Leonardo Music Journal*. ISSN 0961-1215. Vol. 1, nº 1 (1991), pp. 41-44.

COLLINS, Nick — *The Cambridge Companion to Electronic Music*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. ISBN 9780521868617.

- COOPER, Alan; REIMANN, Robert; CRONIN, David — *About Face 3 : The Essentials of Interaction Design*. Indianápolis: Wiley Publishing, Inc., 2007. ISBN 9780470084113.
- DAVIES, Matthew [et al.] — “The Effect of Microtiming Deviations on the Perception of Groove in Short Rhythms”. Em *Music Perception*. ISSN 0730-7829. Vol. 30, n° 5 (2013), pp. 498-511.
- DEUTSCH, Diana — “The Enigma Of Absolute Pitch”. Em *Acoustics Today*. ISSN 1557-0215. Vol. 2, n° 4 (2006), pp. 11-19.
- DOBRIAN, Christopher — *Managing MIDI pitchbend messages* [Em linha]. Califórnia: University of California, Irvine, 2014. [Consult. 1 Set. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://sites.uci.edu/camp2014/2014/04/30/managing-midi-pitchbend-messages/>>.
- DUCKWORTH, William — *A Creative Approach to Music Fundamentals*. 11ª ed. Stanford: Cengage Learning, 2015. ISBN 9781285446202.
- DUNTLEY, Sonja Meyer — *Cornell students' electronic instrument makes music with the wave of your glove* [Em linha]. Nova Iorque: Syracuse NY Local News, Breaking News, Sports & Weather, 2014. [Consult. 21 Set. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://www.syracuse.com/news/index.ssf/2014/02/cornell_students_electronic_instrument_makes_music_with_the_wave_of_your_glove.html>.
- FEEZELL, Mark — *Music Theory Fundamentals: High-Yield Music Theory* [Em linha]. LearnMusicTheory.net, 2011. [Consult. 21 Set. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://learnmusictheory.net/>>.
- FINK, Robert; RICCI, Robert — *The Language of Twentieth Century Music : A Dictionary of Terms*. Belmont: Wadsworth Publishing Company, Inc., 1975. ISBN 9780028706009.
- FRY, Ben; REAS, Casey — *Processing* [Em linha]. Processing.org, 2016. [Consult. 25 Jan. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<https://processing.org/>>.
- HASS, Jeffrey — *MIDI Standard Controller Numbers* [Em linha]. Bloomington: CECM - Center for Electronic and Computer Music, 1999. [Consult. 1 Set. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.indiana.edu/~emusic/cntrlnumb.html>>.

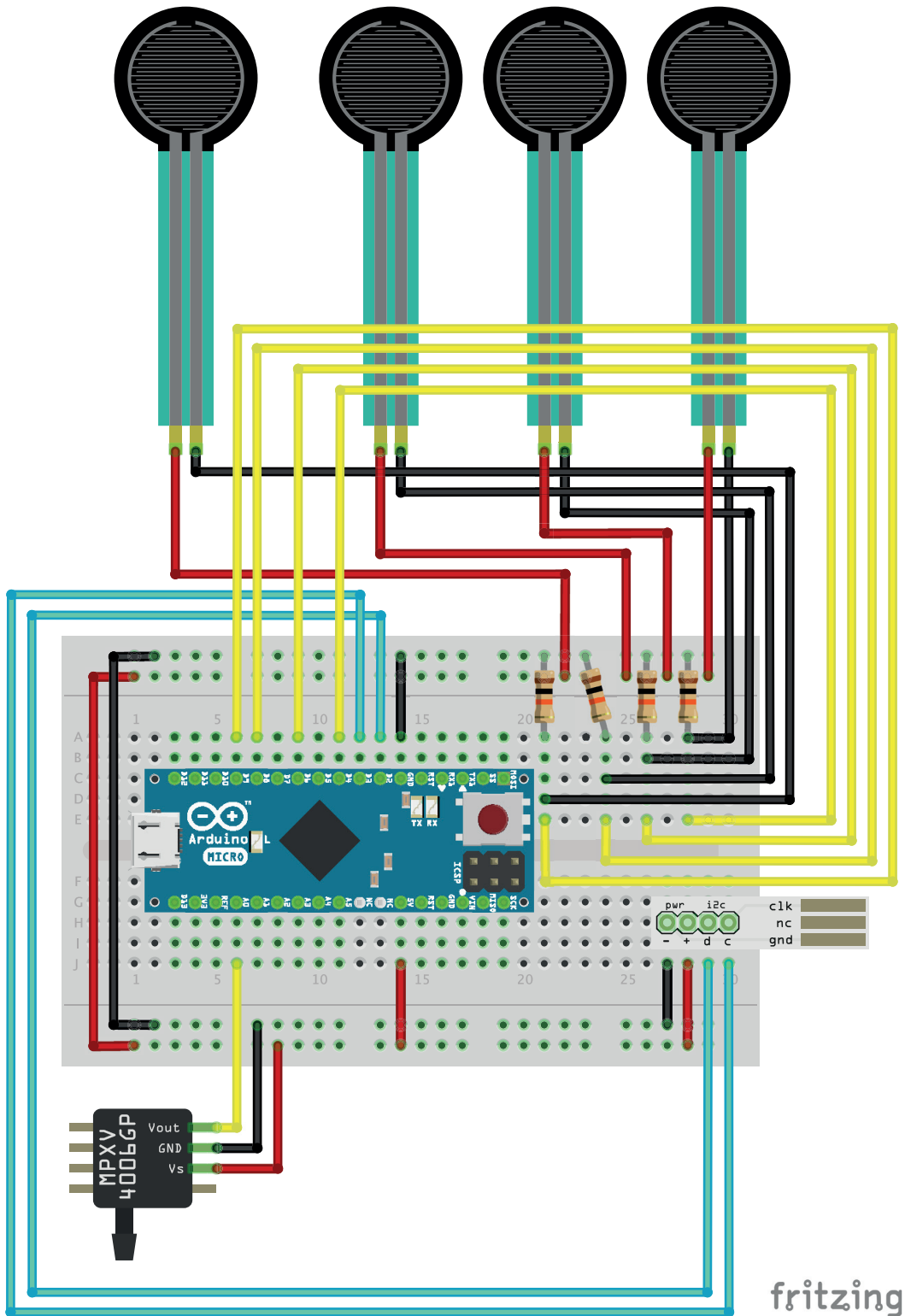
- HASS, Jeffrey — *Acoustics Chapter One: How Do We Perceive Pitch* [Em linha]. Bloomington: CECM - Center for Electronic and Computer Music, 2013. [Consult. 1 Set. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://www.indiana.edu/~emusic/etext/acoustics/chapter1_pitch.shtml>.
- HENRIQUES, Tomás — “Double Slide Controller”. Em *Proceedings of the international conference on new interfaces for musical expression*. ISSN 2220-4806. Pittsburgh, Estados Unidos da América, NIME 2009 (2009), pp. 260-261.
- HEWITT, Michael — *Music Theory for Computer Musicians*. Boston: Course Technology, 2008. ISBN 9781598635034.
- HISKEY, Daven — *How to Make a Ridiculously Cheap Analog Pressure Sensor* [Em linha]. Today I Found Out | Learn Interesting Facts Every Day, 2010 [Consult. 1 Set. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.todayifoundout.com/index.php/2010/01/how-to-make-a-ridiculously-cheap-analog-pressure-sensor/>>.
- JACKOWSKI, Dariusz [et al.] — “Computer game piece: exploring video games as means for controlled improvisation”. Em *Proceedings of the 40th International Music Conference joint with the 11th Sound and Music Computing conference*. ISBN 9780984527434. Atenas, Grécia, ICMC | SMC | 2014 (2014), pp. 88-92.
- JEHAN, Tristan — *Hyperviolin: Real-time Timbre Analysis and Synthesis* [Em linha]. Cambridge: MIT Media Lab, 2006. [Consult. 1 Set. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://opera.media.mit.edu/projects/hyperviolinaudio.html>>.
- JORDÀ, Sergi — “The Reactable: Tangible and Tabletop Music Performance”. Em *Proceedings of the 28th ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. ISBN 9781605589305. Atlanta, Estados Unidos da América, CHI 10 (2010), pp. 2989-2994.
- KRUMHANSL, Carol L. — *Cognitive Foundations of Musical Pitch*. Nova Iorque: Oxford University Press, 1990. Oxford Psychology Series, nº 17. ISBN 9780195148367.
- KURT, Tod E. — *Bionic Arduino – Introduction to Microcontrollers with Arduino – todbot blog* [Em linha]. todbot blog – Random experiments, circuits, code, rapid prototyping, sometimes things to buy, and the odd tune by Tod E. Kurt., 2011. [Consult. 1 Set. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://todbot.com/blog/bionicarduino/>>.

- LEVITIN, Daniel J. — *This is your brain on music : the science of a human obsession*. Londres: Dutton, Penguin Group (USA) Inc., 2006. ISBN 9780786584055.
- MACHOVER, Tod — *New Generation Hyperstrings* [Em linha]. Cambridge: MIT Media Lab, 2006. [Consult. 1 Set. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://opera.media.mit.edu/projects/newhyperstrings.html>.
- MACHOVER, Tod — *Hyperinstruments | MIT Media Lab* [Em linha]. Cambridge: MIT Media Lab, 2014. [Consult. 1 Set. 2016]. Disponível em <URL:http://www.media.mit.edu/research/groups/1450/hyperinstruments>.
- MACHOVER, Tod — *Opera of the Future | MIT Media Lab* [Em linha]. Cambridge: MIT Media Lab, 2015. [Consult. 25 Jan. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://opera.media.mit.edu/>.
- MANJUNATHA, Roopa G.; RAJANNA, K.; NAYAK, M. M. — “Non-invasive human breath sensor”. Em *Proceedings of the 2011 IEEE Sensors Conference*. ISBN 9781424492893. Limerick, Irlanda, IEEE Sensors 2011 (2011), pp. 1788-1791.
- MIRANDA, Eduardo Reck; WANDERLEY, Marcelo Mortensen — *New Digital Musical Instruments: Control and Interaction Beyond the Keyboard*. Vol. 21. Middleton: A-R Editions, Inc., 2006. Computer Music and Digital Audio Series. ISBN 9780895795854.
- MOGGRIDGE, Bill — *Designing Interactions*. 1ª ed. Cambridge: The MIT Press, 2007. ISBN 9780262134743.
- NETTLES, Barrie; GRAF, Richard — *The Chord Scale Theory & Jazz Harmony*. Rotemburgo: Advance Music, 1997. ISBN 9783892210566.
- NEWTON-DUNN, Henry; NAKANO, Hiroaki; GIBSON, James — “Block jam: a tangible interface for interactive music”. Em *Proceedings of the international conference on new interfaces for musical expression*. ISSN 2220-4806. Montreal, Canadá, NIME 2003 (2003), pp. 170-177.
- OXENHAM, Andrew J. — “Pitch perception”. Em *J Neurosci – The Journal of Neuroscience*. ISSN 0270-6474. Vol. 32, nº 39 (2012), pp. 13335-13338.

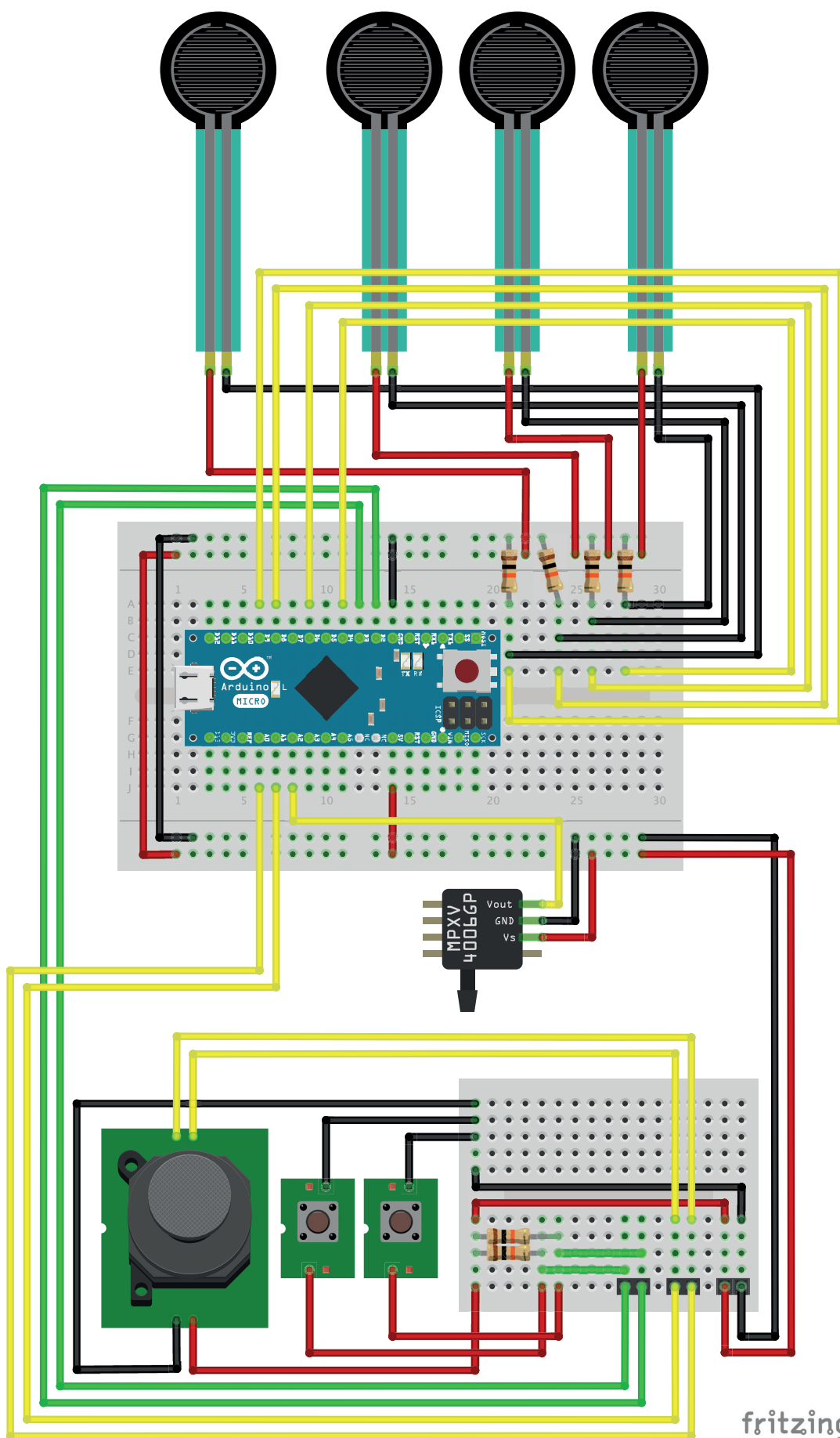
- PARADISO, Joseph A; GERSHENFELD, Neil — “Musical Applications of Electric Field Sensing”. Em *Computer Music Journal*. ISSN 0148-9267. Vol. 21, nº 2 (1994), pp. 69-89.
- PLACE, Adam; LACEY, Liam; MITCHELL, Tom — “AlphaSphere - from Prototype to Product”. Em *Proceedings of the international conference on new interfaces for musical expression*. ISSN 2220-4806. Londres, Reino Unido, NIME 2014 (2014), pp. 399-402.
- RANDEL, Don Michael — *The Harvard Dictionary of Music*. 4ª ed. Harvard: The Belknap Press of Harvard University Press, 2003. ISBN 9780674011632.
- SAFFER, Dan — *Designing for Interaction : Creating Innovative Applications and Devices*. 2ª ed. Berkeley: New Riders, 2010. Voices That Matter Series. ISBN 9780321643391.
- SMITH, Severin — *themidibus* [Em linha]. Small But Digital, 2015. [Consult. 1 Set. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.smallbutdigital.com/themidibus/>>.
- STEELE, Bill — *Students invent ‘Aura’ musical instrument* [Em linha]. Nova Iorque: Cornell Chronicle, 2014. [Consult. 1 Set. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.news.cornell.edu/stories/2014/01/students-invent-aura-musical-instrument>>.
- TORRE, Giuseppe; ANDERSEN, Kristina; BALDÉ, Frank — “The Hands: The Making of a Digital Musical Instrument”. Em *Computer Music Journal*. ISSN 0148-9267. Vol. 40, nº 2 (2016), pp. 22-34.
- WAISVISZ, Michel — “THE HANDS, a set of MIDI-controllers”. Em *Proceedings of the international computer music conference*. ISSN 2223-3881 Colômbia Britânica, Canadá, ICMC 85 (1985), pp. 313-318.
- WANDERLEY, Marcelo Mortensen; BATTIER, Marc — *Trends in Gestural Control of Music*. Paris: IRCAM - Centre Pompidou, 2000. ISBN 9782844260390.
- YOUNG, Diana — “The Hyperbow Controller: Real-Time Dynamics Measurement of Violin Performance”. Em *Proceedings of the international conference on new interfaces for musical expression*. ISSN 2220-4806. Dublin, Irlanda, NIME 2002 (2002), pp. 201-206.

ANEXOS

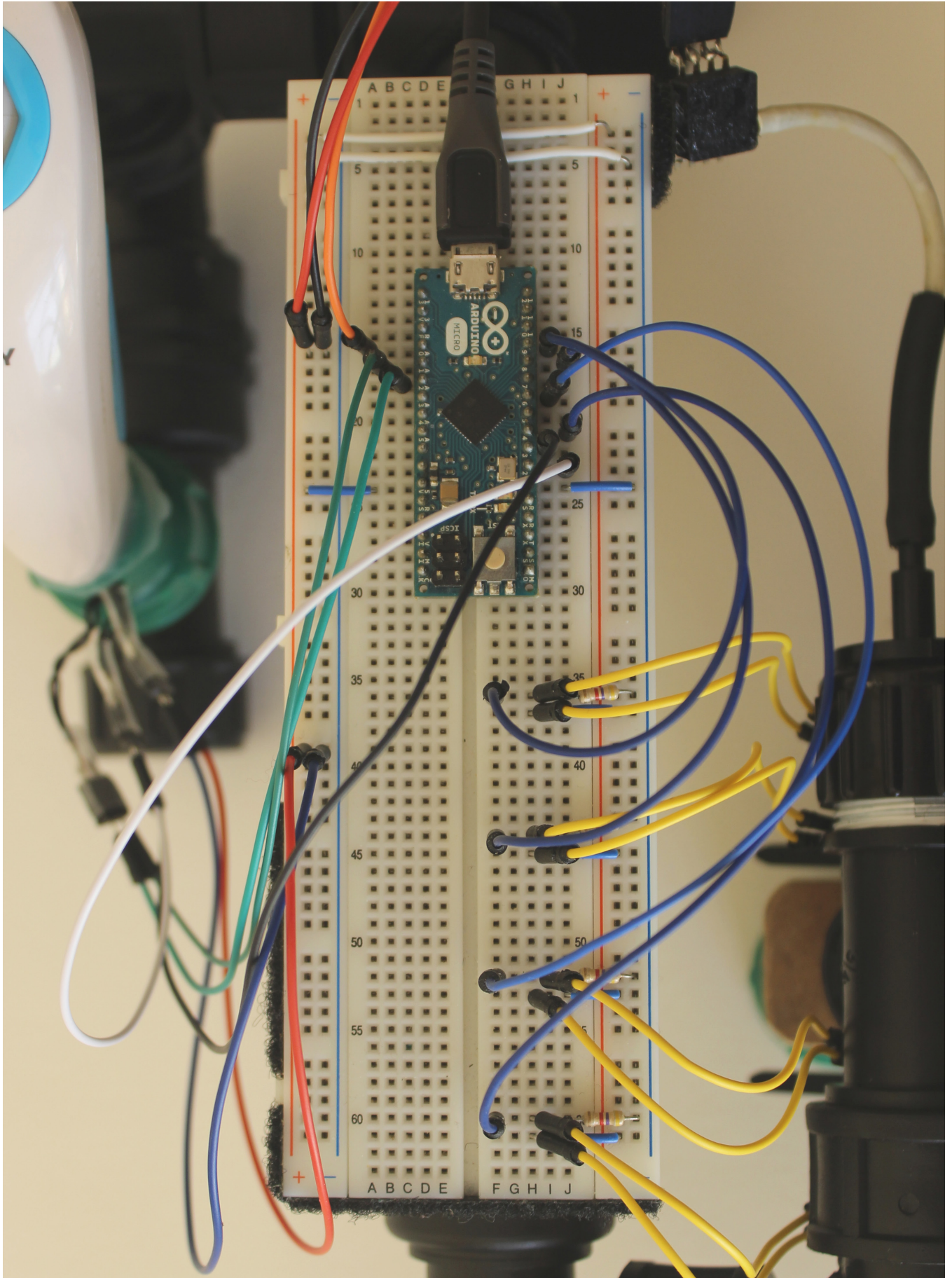
Anexo A1 – Esquema do circuito electrónico do primeiro protótipo



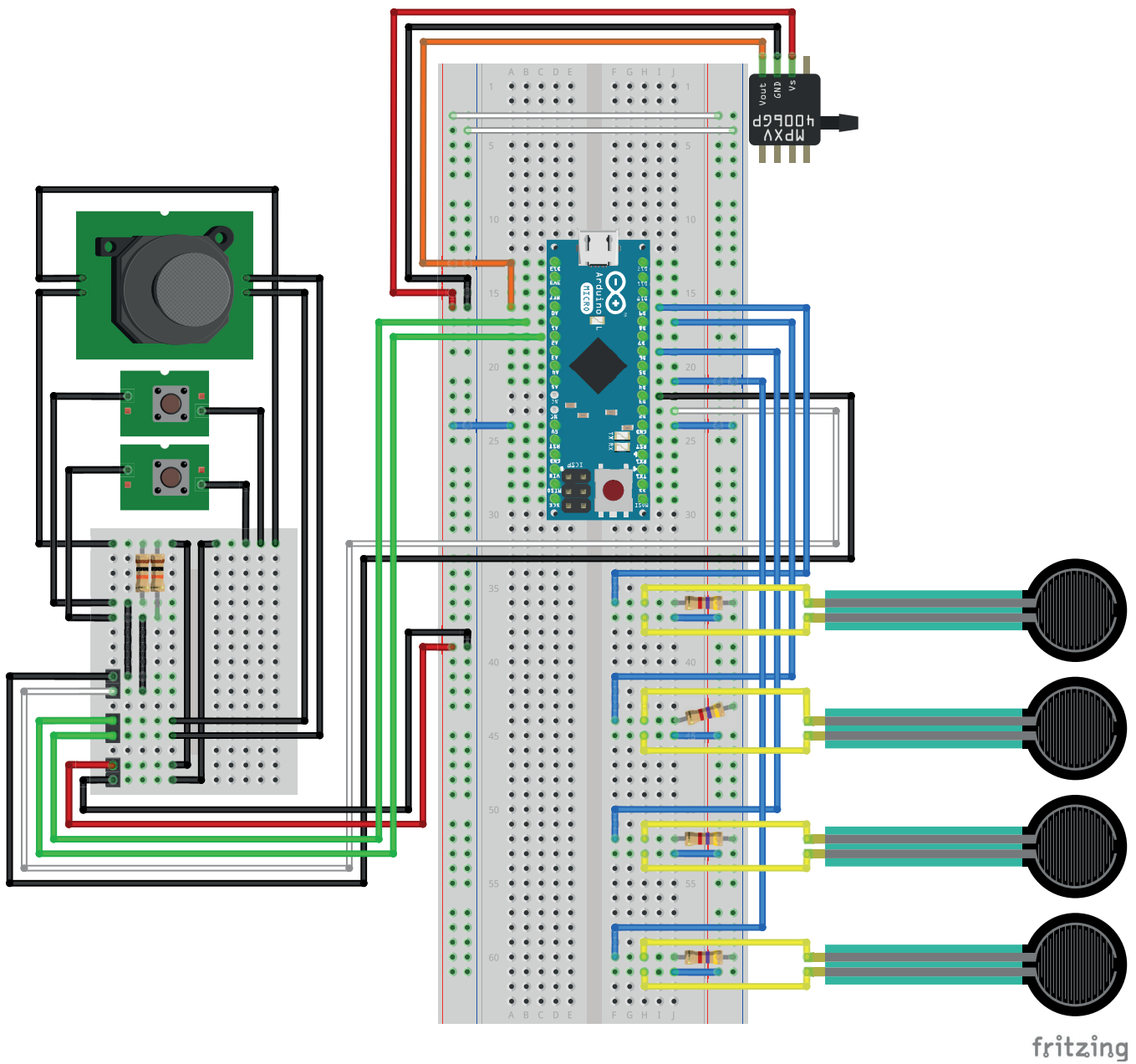
Anexo A2 – Esquema do circuito electrónico do segundo protótipo



Anexo A3 – Fotografia do circuito electrónico do protótipo final



Anexo A4 – Esquema do circuito electrónico do protótipo final (versão representativa da implementação)



Anexo B1 – Exemplo de utilização da colecção de objectos PerColate (desenvolvido por Dan Trueman e ponto de partida para a o desenvolvimento da patch do Anexo B2)

Choose a preset, then raise the the bow pressure and stand back...

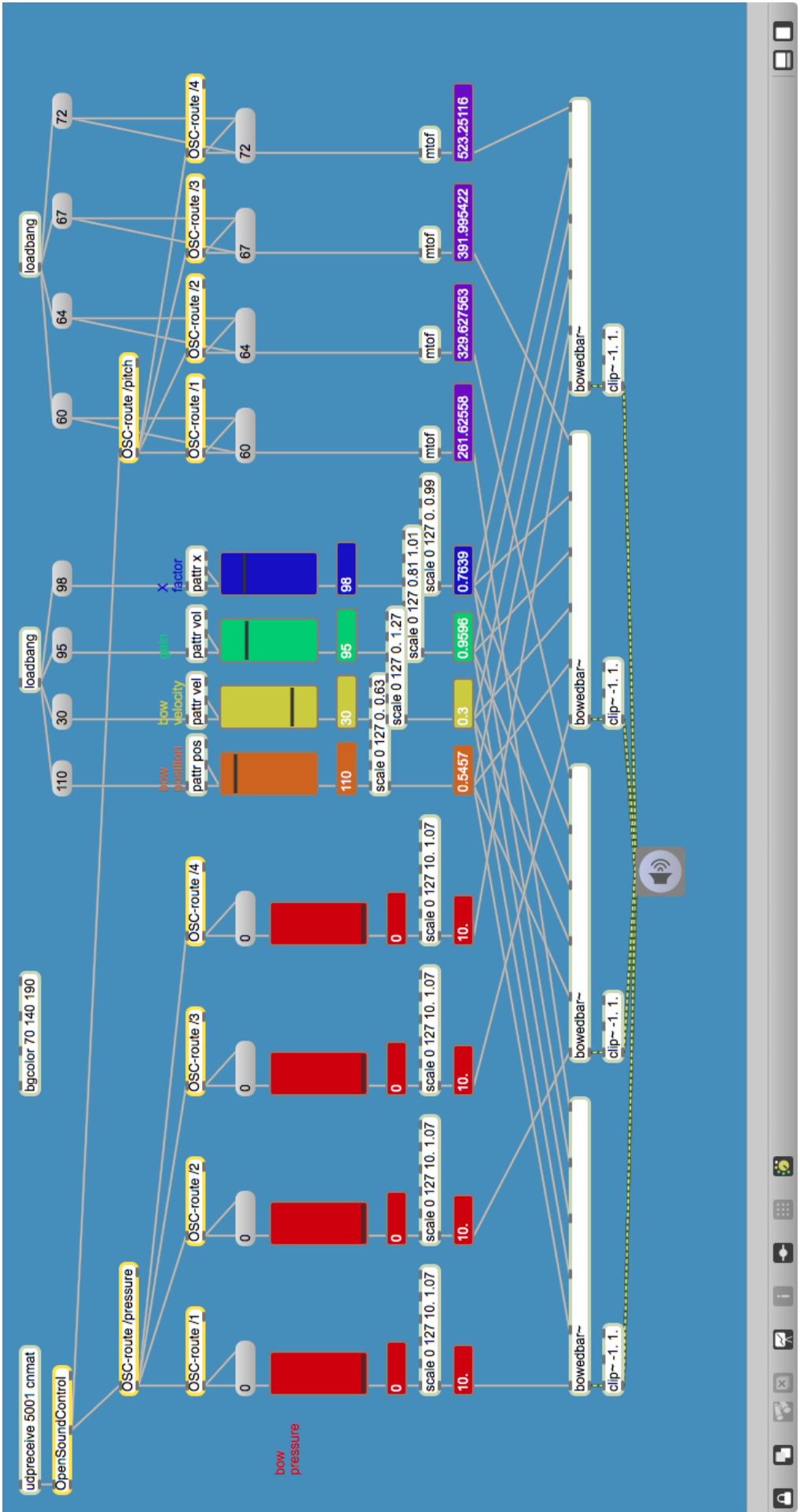
The scale objects constrain inputs to useful value ranges

Here are some presets Dan Trueman likes. Your mileage may vary

Let us all praise Dan Trueman and Luke Dubois for doing the port, finding the ranges that lead to success, and showing us the way

slider: Move a slider to output values

Anexo B2 – Patch desenvolvida no software Max/MSP (próxima página)



Anexo C – Documento apresentado na conferência IHCI 2016 (próximas páginas)

Referência:

LOPES, Francisco; CRUZ, Tiago; CARDOSO, F. Amílcar – “Musical Object”. Em *Proceedings of the 10th International Conference on Interfaces and Human Computer Interaction*. ISBN 9789898533524. Funchal, Portugal, IHCI 16 (2016), pp. 254-258.

MUSICAL OBJECT

Francisco Lopes

*CISUC, Department of Informatics Engineering, University of Coimbra, Coimbra, Portugal
fslopes@student.dei.uc.pt*

Tiago Cruz

*CISUC, Department of Informatics Engineering, University of Coimbra, Coimbra, Portugal
tjacruz@dei.uc.pt*

F. Amílcar Cardoso

*CISUC, Department of Informatics Engineering, University of Coimbra, Coimbra, Portugal
amilcar@dei.uc.pt*

ABSTRACT

Music is a powerful medium for expressing emotions and feelings acquired during childhood; we are used to improvise rhythms and melodies, memorize and imagine harmonies and even full songs.

However, due to the complexity involved in the personal expression through an instrument, it becomes necessary not only to completely master it, but also understand the theoretical concepts that dictate the rules to which melodies must obey.

Assuming that most people with little or no musical knowledge whatsoever can create melodies using only their voice, this project's aim is to identify and promote these intuitions using the design of an interactive system. Ultimately, it will become possible to convey melodic ideas by changing the way an instrument's perception is later conducted and thus offering the possibility of musical expression to anyone.

KEYWORDS

Music, Expression, Intuition, Interaction Design, Musical Instrument, Electronics.

1. INTRODUCTION

The interpretative face of musical experience is not as simple and fluid as the purely hearing side. Everyone can enjoy music, but for one to be able to express itself fluently with a melodic instrument, one must learn the principles governing the musical theory: the set of rules that must be followed so that they can combine sounds that result in enjoyable compositions, instead of chaos.

The aim of this project is to overcome this barrier using the users intuition. For example, even having no musical training, one is capable of recognizing musical aspects as "higher" or "lower" tones as well as volume and rhythm changes. Most of us can, with our voices, sing numerous songs. Some better than others are able to improvise melodies and follow instruments without being aware of every note and how many tones go up or down.

The digital world has been finding increasingly powerful answers for those who want to express themselves musically, but still a gap remains between the interactive applications that allow the composition of musical excerpts with some complexity and the control of its execution, in a creative and intuitive way to people with basic musical knowledge.

This project consists in the design of an electronic musical instrument that can be played by anyone. It aims to develop an interactive system that changes the way its users interact with the music and, above all, that is likely to be a medium of musical expression easy to understand and operate.

2. BODY OF PAPER

This design is based on the conceiving of an electronic musical instrument. A research was carried on projects related either by responding to the same problem or by presenting innovative interaction methods, that must be analyzed to better understand what may or may not be used and the improvements that can be made in this area.

The methods and tools were chosen accordingly and defined the entire process of the object conception.

2.1 Related Projects

In every exploratory process there is influence from several works as its final characteristics are only accomplished through a lot of experimentation. In this section follows a presentation of works worth highlighting, which influenced decisions made in this project's design, either by guiding or solving conception issues.

Trombone-Propelled Electronics it's an interesting work by Nicholas Collins (1991) as it results from an exploration process improvised with objects already owned by the author. Starting with a slider trombone, the author proceeded to attach a controller with sixteen keys each with a different sound manipulation effect. In the mouth piece a breath controller was used to generate the sound and the slider's movement controls the selected effect. This was made possible by coupling to it the end of a dog leash that goes through a knob that changes the value of the effect.

The Hands by Michel Waisvisz (1984), consists of a set of two ergonomically shaped plates with sensors, potentiometers and switches to be strapped to the user's hands (Waisvisz, 1985). The analogue information provided by the sensors is then translated to MIDI Standard. Although today this is a common practice, this was the first experimental interface to apply it. This instrument detects finger and hand movement and it's meant to be played like an "air accordion". The interfaced worked really well and Waisvisz improved it and used it in live performances until his later years.

Double Slide Controller by Tomás Henriques (2009) is in the middle of the aforementioned projects. As Collins, Henriques was also based in the trombone's interface, although it doesn't contain any of its parts. Comparable to The Hands, it also benefits from two hand actuated controllers which are part of two sliders, instead of only one, doubling its controls as Henriques aims to go beyond the simulation of the original instrument sound and interface. It uses a breath controller to trigger the sounds and the gesture driven interface allows the manipulation of several sound aspects.

AlphaSphere by Adam Place, Liam Lacey and Tom Mitchell (2013), was conceived to explore electronic sound characteristics and was later adopted as an instrument by organizing its sounds in scales matching the steel pan's tuning system. The object consists of a series of silicon-based membranes, disposed in a dome, which activate a sound when touched and distort it when some pressure is applied. This appealing and easy to use and understand interface was the project's true innovation leading to the instrument success and later its commercialization.

These devices were deemed relevant as they follow the same approach, which proved itself efficient: they were all inspired in existing instruments. Using different types of electronic controllers and sensors they simulate its acoustic counterpart's interface to control the production of sounds.

Recently there have been several projects that follow a different approach, the "gamification" of musical creation, designing software based products that allow the user to compose music by layers.

Some examples are the Reactable (2003) – a sensitive horizontal screen that recognizes a set of objects which the user alights in it, allowing the continuous shaping of the composition –, NodeBeat (2013) – a project similar to the previous one, developed as a mobile application instead, with a menu for the available "objects" – and Incredibox (2009) – a web application that portrays an "a capella" group of up to seven individuals whom you may assign a sound from a predetermined list.

These projects work with the same principles: the user must add modules to a continuous loop that can be a new sound or a modification of an existing sound. This method threatens the musical generation as a performance and allows the creation of complex musical compositions. On the other and, it fails in delivering real time control of the whole generation as the user focuses in a single layer at a time while the others keep playing the same loop.

2.2 Methods

After specific research on different projects that would, in some way, respond to the stated problem, it was decided that the best option would be to build a physical interface. This approach was deemed ideal for this project as it grants a more natural and familiar way of playing music.

Allowing the user to control the outcome instantaneously and providing physical feedback of each value that is being controlled, it's possible to reach two important objectives from an instrument player perspective: to shape the melodies as desired in real time and to play along other instruments.

The interface was to be made of electronic sensors that should measure the various types of interaction, Arduino came up as a solution to the interpretation of the signals and Processing for the refining of data and its routing to a MIDI synthesizer, which is in charge of the sound generation.

2.3 Progress Documentation

Taking into account the various tools involved in the development of this project and the need to study them in parallel, the progress description is divided into different fields of study.

Considering the author himself is included in both the target audience and in the project's development, it's important to underline that many of the decisions involving changes in the product usability had a strong influence from his own experience.

Bearing this in mind, it is very possible for the execution of usability tests to furthermore motivate unique changes in this area in order to help establish the ultimate effectiveness allowing for the project to meet its objective.

2.3.1 Sound and Music Theory

The development of a system that produces sounds with distinct attributes requires a full understanding of what can in fact be controlled.

Sound is the auditory sensation triggered by propagating mechanical vibration oscillations, which take the name of sound waves and can be represented by their frequency (repetition of the wave at a given time), amplitude (measured in decibels, which gives us the feeling of volume) and periodicity (which can be either a simple wave or simply a wave pattern that keeps being repeated).

The music itself, in addition to a set of sounds, is represented by their arrangement. We therefore have the pitch (frequency), the intensity (amplitude) and timbre (periodicity) as well as the scale and duration of the sounds, which concern the sound configuration in terms of pitch values and time, respectively.

2.3.2 Electronic Sensors

Taking into account these sound variables, a number of electronic sensors were studied in order to select which would integrate the interface in the most intuitive and familiar way to the user.

Portraying most wind instruments, the airflow was determined as one of the key competitors in the interaction method for controlling the intensity of sound. This type of interaction isn't the one more suitable when it comes to getting specific results but in this case the relevance is in the control of the dynamics and the perceived differences between the values as opposed to the exact volume that you are playing at any given time.

After some tests in different types of sensors, a barometric pressure sensor was picked as the most adequate. The specific model is the Freescale Semiconductor Company's MPXV4006, used in medical devices to carefully measure the pressure exerted by the user's breath.

As for the pitch of the notes, the decision to grant control to hand and finger movement was quite immediate, as it is a characteristic that must be capable of being controlled quickly and accurately. It is envisioned that there would be a dedicated key for each finger so that a comprehensive training and development of dexterity with the instrument would not be needed.

In addition to the activation of a tone, it was implied from the beginning that it would be possible to control, small variances in frequency effects such as "vibrato" and "pitchbend", frequently used in string instruments. For this purpose, it was decided that force sensors (force sensitive resistors) would be used to not only to detect touch, but also to measure the finger movement through the use of springs on top of the sensor.

Finally, it would be necessary to go through a scale so that the experience would not be reduced to the small number of notes offered by the previous interface. It was decided to devote one hand to that purpose and the other to control the position on the scale, like some existing musical instruments, as is the case the guitar or the theremin.

This would require a controller with several buttons that could be used with one hand and, after testing several options, the Nunchuk joystick Nintendo Wii turned out to be the winning candidate due to its simplicity, comfortability and easy communication through Arduino.

2.3.3 Processing Sound and Music

After the interface was designed, it became necessary to design an application that could receive the values obtained by the sensors and translate them into MIDI messages that would later be sent to a synthesizer. In addition to the findings obtained during the idealization of the physical interface, some decisions were made before initiating this stage of the development.

Distinctions between the tone pitches are accomplished through four touch sensors, controlled by the fingers on one hand. The force exerted on each sensor controls small changes in the pitch of each tone. The shift in scale, changing the tone to be activated for each sensor, is made with the other hand through the Nunchuk. Similarly to wind instruments, intensity control is all about the user's breath. The timbre of the sound selection and the definition of the scale on which it intends to play are previously made in the developed application. Finally the duration is controlled implicitly: for a note to be activated it must be assigned a tone and intensity, and its duration results from the combination of the breath and touch controls.

To assign the tones for each touch sensor, a decision was made to group the notes in chords. Each song follows a scale and has a chord progression that grants it the notion of structure. By grouping the tones that could be played in chords it ensures that the notes you play are in harmony and allows for the control of this structure, without the user having to think of the relationship between the notes themselves.

The visual clues that allow for the use of this system are represented in a graphical interface, where you can view the options for the joystick. Along with the synthesizer, these components form the visual component of the application. SimpleSynth was the chosen software the development of this project, but it works with any synthesizer software that can use a MIDI virtual port as a source.

2.3.4 Materialization

The embodiment of this project is a process of trial and error as well as re-tuning, as most constructions of new interfaces are. Assuming this enterprise is a work in progress, we present the current state of the solutions.

In regards to the breathing component interface, it was necessary to build a system that would be connected to the sensor to forward the airflow from the mouth of the user. To this end, parts of irrigation systems revealed to be quite the answer. A valve that regulates the amount of air escaping the system before reaching the sensor was later included. The last-mentioned would customize the pressure required to reach minimum and maximum values in the sensor.

As for the touch interface, the solution is to use four springs placed inside small cylinders, combined with force sensors located at the one end and solid discs in the other, where pressure is exerted with the finger.

Arduino is the controller which binds together all of the sensors, including the chosen joystick. It receives their signals and directs them to the Processing application.

At the moment, the interaction with the designed touch sensors is not completely satisfactory due to the high stiffness of the springs, resulting in an uncomfortable placement of the hand. Enhancements are being made in order to use lighter and smaller springs, like the ones used in trumpet construction.

3. CONCLUSION

All things considered, it can be said this tool allows the user to express himself by generating sounds without the need of knowing this particular object nor concepts of music theory. As in almost everything, some practice will surely improve the results meaning the user can reproduce more accurately what's in his mind, but the familiarization time is very low - when compared with a conventional musical instrument - due to the simplicity of the interaction set.

On the other hand, for a user who masters musical theory this instrument can reveal itself to be very limiting for it has a distinct set of rules that dictate the tones that can be played. However, one can furthermore make changes to overcome this aspect, through exploring new, different of sensor interpretation. For example, changing the current control system of the pitch - which is very similar to the guitar - to the type of treatment used in most wind instruments, in which each combination of keystrokes has a different tone, one can play specifically desired notes.

Additionally, one might add sensors or external devices that allow the control of existing aspects in other musical instruments (which require a higher level of technique and coordination). Such an example would be for instance, the pedals of a piano, which allow more control of the duration of the notes.

As for the actual object in development, it is expected to be submitted to usability tests in real contexts thus allowing for both the error correction and identification of aspects that may be additionally improved.

It is to be an instrument that serves both musical expression and creative operation. Conclusively, an instrument also suitable to use in concerts or any other performance activities, solo or accompanied by many other instruments.

The expected product is only a suggested solution to the problem and, while being able to be used by anyone, it may very well be the driving force for others to take on their own vision on the matter, ultimately aimed at bridging the initially identified gaps.

REFERENCES

- Aldwell, Edward et al, 2011. *Harmony & Voice Leading*. Schirmer, Boston, Massachusetts, USA.
- Saffer, Dan, 2010. *Designing for Interaction, Second Edition: Creating Innovative Applications and Devices*. New Riders, Berkeley, California, USA.
- Waisvisz, Michel, 1985. *THE HANDS, a set of MIDI-controllers*. Proceedings of the international computer music conference. Simon Frasier University, Canada, pp. 313-318.
- Collins, Nicholas, 1991. *Low Brass: The Evolution of Trombone-Propelled Electronics*. LEONARDO MUSIC JOURNAL, Vol. 1, No. 1, pp. 41-44.
- Henriques, Tomás, 2009. *Double Slide Controller*. Proceedings of the international conference on new interfaces for musical expression. Pittsburgh, USA, pp. 260-261.
- Place, Adam et al, 2014. *AlphaSphere - from Prototype to Product*. Proceedings of the international conference on new interfaces for musical expression. Goldsmiths, London, pp. 399-402.

