

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Projeto FEUP 2013/2014 – Equipa 1M3_04

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



PROJETO FEUP
O despertar das engenharias

A Engenharia e a Música

Instrumentos Musicais de Sopros



Projeto FEUP - Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica:

Coordenadora da UC no MIEM: Prof. Teresa Duarte

Equipa 1M3_04:

Supervisor: Prof. António Monteiro Baptista

Monitora: Ana Dulce Silva

Estudantes & Autores:

Diogo Antunes up201303173@fe.up.pt

Oleksandra Sidlovska up201303807@fe.up.pt

Rita Beco up201305022@fe.up.pt

Rui Costa up201306407@fe.up.pt

Tiago Rodrigues up201303068@fe.up.pt

Resumo

Este relatório, realizado no âmbito da unidade curricular Projeto FEUP, do curso de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, tem como objetivo esclarecer a relação existente entre a Engenharia e a Música, abordando com especial atenção os instrumentos musicais de sopro.

Inicialmente, explica-se o que são os instrumentos musicais de sopro, a sua classificação em diversas categorias e a sua história e evolução tecnológica ao longo do tempo. Posteriormente, introduz-se o conceito geral de funcionamento dos instrumentos de sopro, e são apresentados exemplos de instrumentos acompanhando uma explicação do seu funcionamento, aborda-se as partes constituintes dos instrumentos, nomeadamente o bocal e as válvulas, referindo os diferentes tipos existentes. De seguida, entrando um pouco na acústica, explica-se o conceito de série harmónica e outros conceitos a este associado, explica-se de que forma este conceito se relaciona com as notas musicais produzidas por um instrumento, e calcula-se os comprimentos de tubo associados a essas notas. Para finalizar, apresentam-se os processos de fabrico de dois instrumentos de sopro, explicando-os, passo-a-passo.

Palavras-Chave

Música; Engenharia; Instrumentos Musicais de Sopro; Aerofones; Acústica; Som; Coluna de ar; História e Evolução.

Agradecimentos

É com muito gosto que agradecemos a hospitalidade da “Ideia.M” que nos esclareceu que os instrumentos musicais têm tido uma evolução no fabrico graças às novas tecnologias e que os instrumentos podem ser construídos com diferentes materiais tais como fibra de vidro.

Agradecemos à “Casa Guimarães” que nos explicou o funcionamento e fabrico de vários instrumentos de sopro, nomeadamente, a flauta transversal, saxofone e o trompete.

Também agradecemos ao professor António Monteiro Baptista, nosso supervisor, e à monitora Ana Dulce Silva que estiveram sempre dispostos a ajudar-nos, a esclarecer as nossas dúvidas e a dar sugestões fundamentais para a realização deste relatório.

Índice

1.Introdução.....	1
2.Contextualização dos Instrumentos de Sopro.....	2
2.1 O que são Instrumentos musicais de sopro?	2
2.2 Evolução Tecnológica dos Instrumentos ao longo da História	3
2.2.1 Instrumentos de palheta.....	5
3. Os Instrumento de Sopro aos Olhos da Engenharia.....	6
3.1 Funcionamento e modo de geração do som.....	6
3.1.1 Mecanismo base de funcionamento	6
3.1.2 Regra geral do funcionamento dos instrumentos de sopro	7
3.1.3 A Gaita-de-Foles	7
3.1.4 O Didgeridoo	8
3.2 Boquilhas nos instrumentos de sopro.....	10
3.2.1 Palhetas	10
3.2.2 Flautas	10
3.3 Válvulas nos instrumentos de sopro.....	11
3.4 Série Harmónica	12
3.5 Fabrico	14
3.5.1 Fabrico de um Trompete	14
3.5.2 Fabrico de uma flauta transversal	15
4. Conclusões.....	16
Referências Bibliográficas.....	17
Referências de Imagens.....	18
Anexo	19

Lista de Figuras

Figura 1 - Flauta de Boehm	5
Figura 2 - Instrumento de duas flautas	5
Figura 3 - Funcionamento da gaita-de-foles	7
Figura 4 - Um aborigene toca o didgeridoo	9
Figura 5 - Bocal do didgeridoo com cêra por causa do conforto.....	9
Figura 6 - Esquema de bocal com palheta simples	10
Figura 7 - Esquema de bocal com palheta dupla	10
Figura 8 - Bocal de Flauta Transversal	10
Figura 9 - Bocal de Flauta de Bisel	11
Figura 10 - Pistões	11
Figura 11 - Válvulas fixas.....	11
Figura 12 - Valvulas rotativas.....	11
Figura 13 - Série harmónica de uma flauta transversal.....	12
Figura 14 - Série harmónica de um clarinete	12
Esquema 1 - Classificação Dos Intrumentos de Sopro	3
Esquema 2 - Construção de um trompete	14
Esquema 3 - Construção de uma flauta transversal	15
Tabela 1 - Relação entre as notas musicais e comprimentos de tubos.....	19

1.Introdução

No âmbito da unidade curricular “Projeto FEUP” do 1º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto foi realizado este relatório, cujo tema é “A Engenharia e a Música – Instrumentos Musicais de Sopro”. Com um tema tão vasto e interessante como o proposto, foi decidido abordar o mesmo nos grandes tópicos que unem as duas dimensões, a partir de uma perspetiva genérica, comum aos diferentes instrumentos de sopro, dando exemplos em cada um deles, de modo a enriquecer as várias perspetivas.

É comumente aceite a importância que a música sempre teve nas sociedades ao longo dos tempos, inicialmente como uma forma de comunicação, no dia-a-dia ou em atos bélicos ou como forma de defesa de animais perigosos e, posteriormente, como uma fonte de prazer, forma de expressão da criatividade e sentimentos.

Por outro lado, a engenharia evoluiu desde os tempos mais primitivos, de modo a facilitar a vida do Homem, estando lado a lado com o aumento da qualidade de vida das civilizações.

Neste trabalho, foi questionada a interligação entre estes dois grandes temas, pretendendo-se explicar os fundamentos físicos que nos proporcionam belas melodias e o processo de modificação dos materiais até estes formarem um instrumento capaz de proporcionar esses sons.

2.Contextualização dos Instrumentos de Sopro

2.1 O que são Instrumentos musicais de sopro?

Os instrumentos de sopro são todos os instrumentos musicais em que o som é gerado pela vibração de uma coluna de ar criada através de uma perturbação provocada pelo instrumentista ao soprar no instrumento. ^[1] ^[2]

Os instrumentos de sopro são vulgarmente divididos em dois grandes grupos, são eles as “madeiras” e os “metais”, que apesar dos seus nomes não se referem aos materiais com que são fabricados mas sim ao seu conceito geral de funcionamento. Esta divisão é de facto concisa e fácil de entender no entanto, não é muito científica e junta na mesma categoria instrumentos com mecanismos de geração de som um pouco diferentes. ^[1]

Há assim a necessidade de subdividir estas duas famílias em grupos mais pequenos tendo por base características semelhantes entre os diversos instrumentos. Um sistema capaz de fornecer uma subdivisão concisa e clara das “madeiras” e “metais” consoante os diferentes processos de geração sonora apresenta os seguintes grupos: ^[1]

Grupo A (“Metais”) – Instrumentos nos quais o som é gerado pela vibração direta dos lábios do instrumentista sobre um bocal. Alguns instrumentos deste grupo são o trompete, trompa, trombone, corneta, tuba, entre outros. ^[1] ^[2]

Para os instrumentos que usam outro método de gerar o som que não o anteriormente referido podemos considerar:

Grupo B (“Flautas” ou “Madeiras com aresta”):

Grupo B1 (“Flautas Abertas”) – Deste grupo fazem parte instrumentos como a flauta transversal, o flautim e o pífaro, entre outros. ^[1]

Grupo B2 (“Flautas fechadas”) – Deste grupo fazem parte as flautas-apito como por exemplo a flauta de bisel. ^[1]

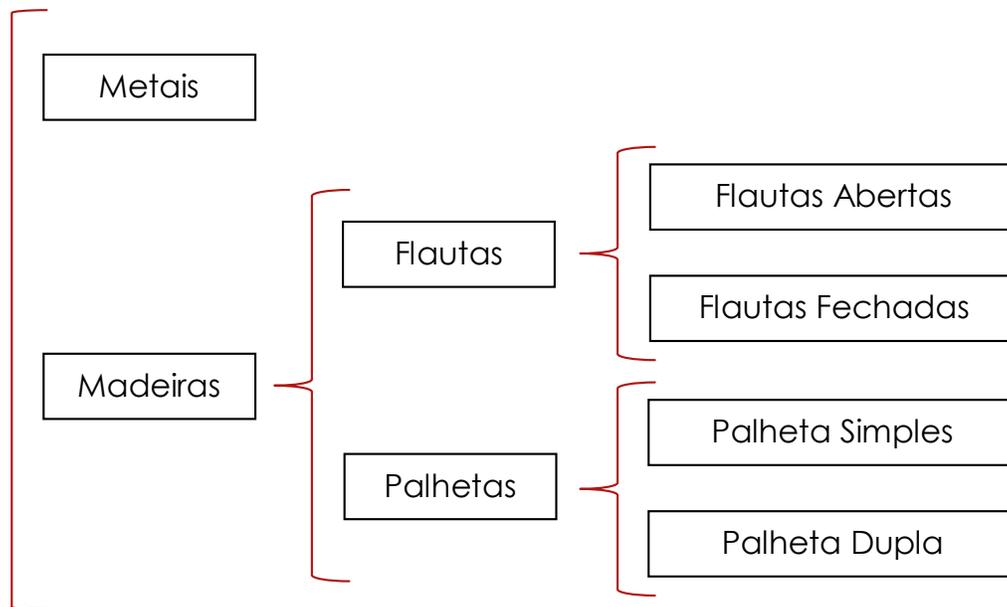
Grupo C (“Madeiras com palheta”):

Grupo C1 (“Palheta Simples”) – Neste grupo destacam-se o clarinete, o saxofone, ente outros. [1]

Grupo C2 (“Palheta Dupla”) – Neste grupo pertencem o oboé, o fagote, entre outros. [1]

Este método faz uma divisão na qual os instrumentos de cada grupo possuem o mesmo princípio de funcionamento, variando apenas em certos detalhes como se explicará mais adiante na secção do funcionamento e geração do som.

Assim, em forma de resumo:



ESQUEMA 1 - CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE SOPRO

2.2 Evolução Tecnológica dos Instrumentos ao longo da História

A História dos instrumentos musicais de sopro começou há mais de 67 mil anos com a produção de som através de frutos secos ou de pedaços de plantas. Através de uma longa e rica evolução estes instrumentos chegaram até aos dias

de hoje com variadíssimas formas e sonoridades, para as quais a engenharia teve um contributo muito significativo. ^{[3] [4]}

Quase todos os países têm um instrumento de sopro primitivo, no entanto são muito variadas as formas como eles evoluíram. Sabe-se, por exemplo, que os sul-americanos desenvolveram flautas de pã, enquanto os pastores de Zulu aumentaram a escala harmónica com instrumentos de uma nota apenas, através da vibração dos lábios. ^[5]

Não obstante, ao mesmo tempo, instrumentos de sopro de diferentes civilizações como o Egipto, a China e a Samaria progrediram no mesmo sentido, criando aquela que é considerada uma das mais importantes etapas na História da música: a invenção dos orifícios na flauta. Estes foram progressivamente aumentando em número, o que permitiu aos músicos tocar uma maior variedade de notas (melódicas e harmónicas). ^[5]

Posteriormente, surgiram constantes mudanças na flauta, mas as dedilhações destes instrumentos continuavam a ser difíceis. Este problema só viria a ser resolvido pela engenharia, séculos mais tarde. ^[4]

Foi já no séc. XIX, no apogeu da música clássica, que compositores, instrumentistas e fabricantes de instrumentos confluíram numa verdadeira revolução musical. A par deste ambiente, a engenharia evoluía a um ritmo extraordinário, aplicando também as suas inovações no campo da música. Foi em particular o alemão Boehm que virou uma página na História dos instrumentos de sopro de madeira. Defendendo que era necessário um orifício para cada nota da escala cromática, dimensionou orifícios posicionados de acordo com seus princípios acústicos e não pela conveniência do dedilhado. Para conseguir controlar os orifícios distantes, criou o sistema mecânico Boehm (fig. 1), com chaves (peças metálicas em forma de anel que tapariam os orifícios). Esta inovação teve um enorme êxito, tendo sido aplicados sistemas semelhantes a outros instrumentos, como o clarinete e o saxofone. ^[6]

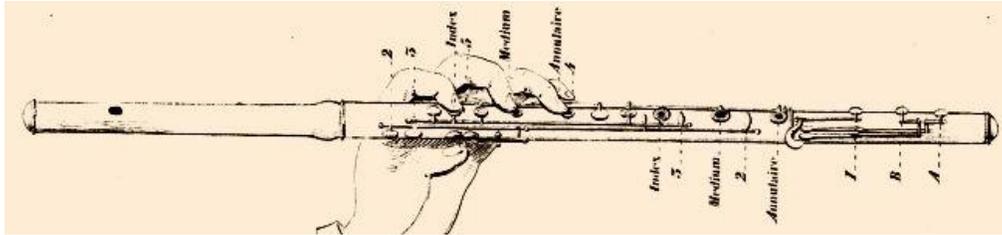


FIGURA 1 - FLAUTA DE BOEHM [18]

2.2.1 Instrumentos de palheta

Ainda se conhece muito pouco a cerca dos instrumentos de palheta. Sabe-se que inicialmente eram feitos a partir do caule de plantas e depois com ossos e madeira e que as diferentes notas eram exclusivamente produzidas por diferentes formas de sopro. Mais tarde, adotou-se o sistema de orifícios das flautas.

Enquanto ainda se desenvolvia a escala nestes instrumentos surgiram sequencialmente dois instrumentos que tiveram uma extraordinária importância no mundo da música, um instrumento de duas flautas e depois a gaita-de-foles. Esta última teve enormes repercussões em instrumentos posteriores, que utilizam o interior bucal de se de um fole se tratasse. [4]



FIGURA 2 - INSTRUMENTO DE DUAS FLAUTAS [19]

Ao longo dos séculos que se seguiram novos instrumentos, agora só com uma flauta, como o oboé, o fagote, entre outros. Estes continham sistemas de dedilhações muito complicados, que se vieram a resolver como já referido sistema de Boehm.

Já em 1846, o músico e fabricante de instrumentos Adolphe Sax decide criar um instrumento de palheta simples, boquilha e corpo cónico com orifícios e chaves: o saxofone. [7]

3. Os Instrumento de Sopro aos Olhos da Engenharia

3.1 Funcionamento e modo de geração do som

3.1.1 Mecanismo base de funcionamento

O som nos instrumentos musicais de sopro é produzido pela vibração de uma coluna de ar que se encontra dentro de um ou mais tubos. O timbre (ou frequência) depende da forma como o ar é gerado (palheta simples, palheta dupla, lábios ou aresta), do tamanho do tubo ou da forma do mesmo. [8]

Para variar a altura do som:

Na maioria dos instrumentos de sopro, da flauta ou órgão, altera-se a frequência do som alterando-se o comprimento da coluna de ar. Em instrumentos onde o ar é movimentado pela boca do instrumentista, o músico aumenta ou diminui a coluna de ar cobrindo ou descobrindo os orifícios do instrumento, respetivamente. Isso é feito com as pontas dos dedos diretamente ou com auxílio de teclas ou chaves. [8]

Há, no entanto, instrumentos que possuem mecanismos diferentes para obter outras frequências, e outros onde apenas a técnica do instrumentista consegue produzir notas musicais diferentes. No primeiro caso, é de referir que alguns instrumentos possuem válvulas que podem ser fixas e rotativas e outros que possuem mecanismos deslizantes, ambos sistemas servem para alterar o comprimento do tubo e conseqüentemente da coluna de ar. Por outro lado, no segundo caso, instrumentos que para além destes mecanismos, ou no caso de alguns que não possuem nenhum dos mecanismos referidos, baseiam-se na técnica bocal do instrumentista para obter diversas notas e frequências. [8]

3.1.2 Regra geral do funcionamento dos instrumentos de sopro

Fazendo variar o comprimento do tubo, faz-se variar também a coluna de ar. Assim, aumentando o comprimento do tubo aumenta-se o volume da coluna de ar, havendo assim mais espaço para se propagar a vibração do ar, produzindo um som harmónico com um grande comprimento de onda e baixa frequência, isto é produz-se um som grave. [9]

De forma análoga, se se diminuir o comprimento do tubo diminui-se também o volume da coluna de ar, havendo menos espaço para se propagar a vibração do ar, produzindo uma som harmónico com pequeno comprimento de onda e grande frequência, isto é, produz-se um som agudo. [9]

3.1.3 A Gaita-de-Foles

A gaita-de-foles é constituída por três tubos. O primeiro (assoprete) é por onde entra o ar para o fole. A válvula existente no assoprete impede que o ar volte para trás quando se aperta o fole. De seguida, aperta-se o fole e o ar sai por dois tubos. Um deles (ronco) contem uma palheta simples e emite um som contínuo e podendo ser alterado retirando ou acrescentando peças de acordo com o som que se pretende que ele emita, o outro (pontero) tem uma palheta dupla e tem orifícios para colocar os dedos para se produzirem sons da escala harmónica. [10]

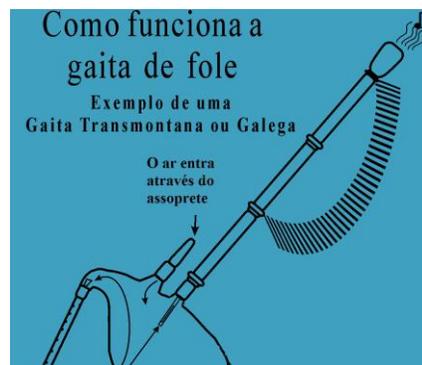


FIGURA 3 - FUNCIONAMENTO DA GAITA-DE-FOLES [20]

3.1.4 O Didgeridoo

O didgeridoo é um instrumento de sopro nativo da Austrália. A lenda conta que foi “descoberto” quando alguns nativos estavam sentados ao redor do fogo e repararam que algumas térmitas (insetos que provocam graves prejuízos na madeira) estavam a sair da madeira que estava no fogo. Para salvar estes insetos, um nativo soprou para dentro da madeira e assim foi emitido o primeiro som do didgeridoo. ^[11]

Normalmente, o instrumento é feito de madeira, tradicionalmente de eucalipto ou de bambu provenientes do norte da Austrália. O seu comprimento tem cerca de um metro e meio, apesar de poder variar entre diferentes regiões. É um instrumento muito incomum, pois, geralmente, desempenha apenas uma nota, mas é capaz de produzir uma espetacular gama de sons diferentes, e a variação rítmica destes sons é o seu principal interesse musical. Na verdade, os didgeridoos mais longos são geralmente os mais preferidos porque permitem uma maior gama de efeitos musicais. ^{[12] [13]}

O didgeridoo é revestido com cera e resina na extremidade do sopro, o que proporciona mais conforto ao músico, enquanto a outra extremidade é pousada sobre o solo. ^[13]

Na atualidade, os instrumentos modernos podem ser feitos a partir de um tubo metálico ou de plástico. ^[11]

O som é produzido pela perturbação do ar que é provocada pela vibração dos lábios. Ao efetuar a vibração com os lábios, o som percorre o instrumento e é amplificado. Os lábios do executante são, alternadamente, abertos e fechados pelo fluxo de ar dos pulmões, a tensão sobre os lábios e o fluxo de ar. ^[12]

O som torna-se tão incomum pelo facto de haver uma interação entre as ondas sonoras do instrumento, as ondas sonoras no trato vocal do instrumentista, os movimentos dos lábios e o fluxo de ar entre os lábios do executante. ^[12]

Na execução, o mais difícil é aprender a respiração circular que consiste em soprar ar, continuamente, para o instrumento sem nunca parar para respirar. Na maior parte das vezes, o músico expira de forma contínua pela boca e quando é necessário mais ar, as bochechas são preenchidas com ar, o palato mole é usado para isolar a boca do trato respiratório, e o ar na boca é usado para continuar a soprar contraindo as bochechas. Enquanto isso, o músico rapidamente inspira pelo nariz. O resultado é um som ininterrupto do instrumento. As mudanças de timbre ocorrem quando se passa da fase normal do ciclo, ou seja, quando o trato vocal está conectado juntamente com os lábios e o instrumento, para a fase de inalação, quando só a boca é que está envolvida. Como existem grandes diferenças em ressonâncias na boca para estas duas configurações, o timbre do som produzido altera-se dramaticamente. Essa diferença, juntamente com alterações de sonoridade, serve para estabelecer o ritmo da performance. [12]

Em forma de curiosidade, é de referir que alguns estudos médicos concluíram que tocar didgeridoo contribui para a redução do problema de ressonar durante o sono pois existe um fortalecimento dos músculos associados a este problema. Adicionalmente, tem outros efeitos terapêuticos como a redução da ansiedade, da vulnerabilidade e do stress. [13]



FIGURA 5 - UM ABORIGENE TOCA O DIDGERIDOO [21]



FIGURA 4 - BOCAL DO DIDGERIDOO COM CÊRA POR CAUSA DO CONFORTO [22]

3.2 Boquilhas nos instrumentos de sopro

3.2.1 Palhetas

As palhetas são responsáveis pela emissão do som pelo instrumento. Geralmente são feitas de bambu, porém existem palhetas sintéticas e de metal. Há dois tipos de palhetas:

Palhetas Simples – encontra-se sobre o bocal (onde se juntam os lábios). O ar passa entre este e a palheta e gera a sua vibração. É possível obter diversas notas consoante a técnica bocal do instrumentista e os mecanismos existentes no instrumento. O saxofone e a gaita-de-foles utilizam palheta simples. [14]

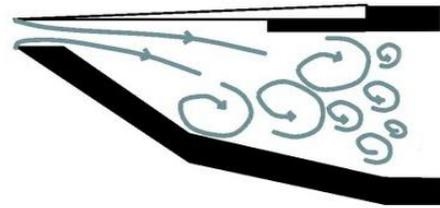


FIGURA 6 - ESQUEMA DE BOCAL COM PALHETA SIMPLES [23]

Palhetas Duplas – uma palheta com duas lâminas, apoiadas uma sobre a outra e fixadas a um tubo. O ar passa entre as duas lâminas, e estas fazem a coluna de ar vibrar. A técnica bocal irá permitir alterar a frequência do som, mas também o instrumento terá este efeito. O Oboé e o fagote são dois instrumentos que utilizam a palheta dupla. [14]

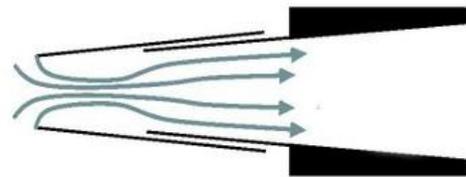
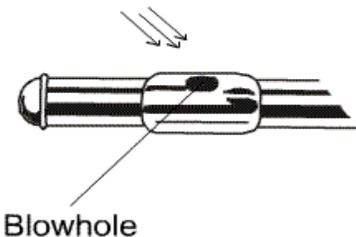


FIGURA 7 - ESQUEMA DE BOCAL COM PALHETA DUPLA [23]

3.2.2 Flautas

Flauta Aberta (Flauta Transversal) – o ar embate contra uma aresta gerando a sua vibração, da mesma forma que um som é criado ao soprar para dentro de uma garrafa. Depois, dependendo da posição dos dedos a coluna de ar variará, produzindo assim diversas notas musicais. [14]



Blowhole

FIGURA 8 - BOCAL DE FLAUTA TRANSVERSAL [24]

Flauta Fechada (Flauta de Bisel) – o músico sopra contra o orifício, havendo uma divisão do ar quando este embate na aresta do instrumento, gerando assim a vibração da coluna de ar. As notas variarão tal como na flauta fechada, com a posição dos dedos. [14]

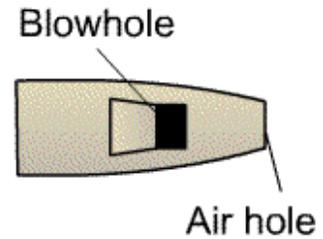


FIGURA 9 - BOCAL DE FLAUTA DE BISEL [24]

3.3 Válvulas nos instrumentos de sopro

As válvulas são pistões que direcionam o ar por dentro dos tubos podendo aumentar ou diminuir a coluna de ar fazendo com que o som produzido seja mais grave ou agudo, respetivamente. [8]



FIGURA 10 – PISTÕES [25]

Válvulas Fixas – estas movimentam-se para cima e para baixo. Quando se pressionam para baixo a coluna de ar aumenta, pois faz-se a ligação do tubo principal a tubos secundário. Quando se deixa de pressionar, o pistão sobe e deixa de haver a ligação entre o tubo principal e secundários, diminuindo a coluna de ar. [8] [15]

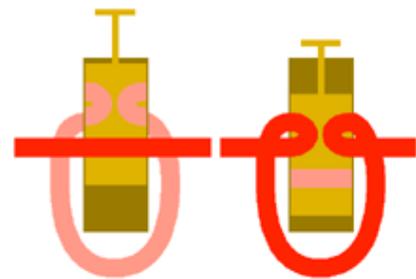


FIGURA 11 - VÁLVULAS FIXAS [26]

Válvulas Rotativas – estas, quando pressionadas, rodam em torno do seu eixo (visto que são cilíndricas) e encaixam o tubo principal a tubos secundários, aumento a coluna de ar. Quando se deixa de pressionar, os tubos voltam à posição inicial, deixando de ligar o tubo principal ao secundário, ou seja, a coluna de ar diminui. [8] [15]

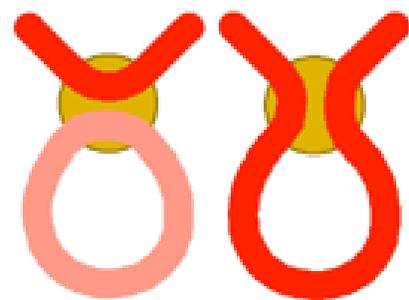


FIGURA 12 - VALVULAS ROTATIVAS [26]

3.4 Série Harmônica

Para além dos diversos mecanismos de obtenção das notas musicais, nomeadamente, válvulas, orifícios e braços deslizantes, é possível obter sons diferentes aumentando a intensidade com que se sopra ou diminuindo a abertura dos lábios quando se sopra, no caso das flautas, ou variar a posição dos lábios e língua, no caso dos instrumentos de palheta. Aos diferentes sons produzidos através deste método dá-se o nome de série harmônica, que varia de instrumento para instrumento. [9] [10] [16] [17]

Dentro da definição de série harmônica temos os conceitos de harmónico fundamental (f_0), que é o som mais “baixo” (menor frequência) que é possível obter ou com uma digitação específica, no caso de instrumentos com válvulas e orifícios, ou com um certo comprimento de tubo, no caso de instrumentos mais simples. Todos os harmónicos seguintes (segundo harmónico ($2f_0$), terceiro harmónico ($3f_0$),...) são múltiplos inteiros da frequência fundamental. [9] [10] [16] [17]

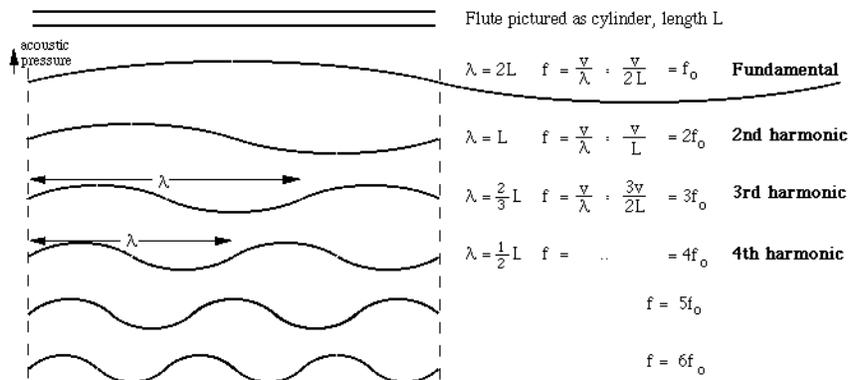


FIGURA 13 - SÉRIE HARMÓNICA DE UMA FLAUTA TRANSVERSAL [27]

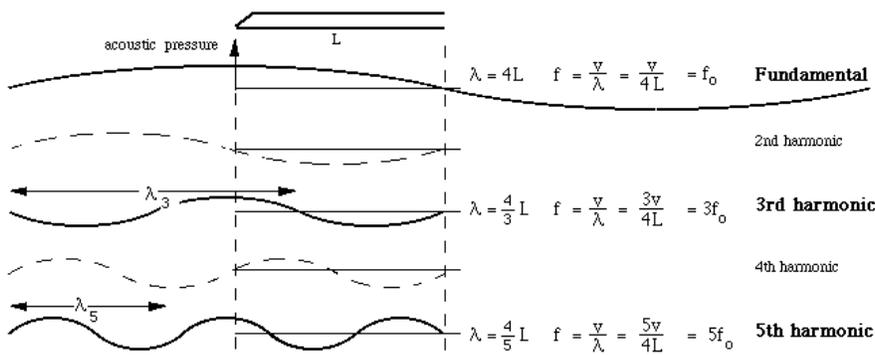


FIGURA 14 - SÉRIE HARMÓNICA DE UM CLARINETE [28]

Assim, é possível associar diferentes comprimentos de tubos a diferentes notas musicais e diferentes sons, relacionando-os com o comprimento de onda do senoide correspondente a cada nota. Por exemplo, no caso dos instrumentos que tenham as duas extremidades abertas o comprimento de onda do harmónico fundamental é igual a duas vezes o comprimento do tubo ($\lambda = 2L$), no caso dos instrumentos que tenham apenas uma das extremidades abertas o respetivo comprimento de onda é igual a quatro vezes o comprimento do tubo ($\lambda = 4L$). [9] [10] [16] [17]

Assim, através das equações que caracterizam as ondas sonoras:

$f = \text{frequencia}$; $v = v(\text{som}) = 345 \text{ m/s}$; $\lambda = \text{comprimento de onda}$

$$\lambda = \frac{v}{f} \Leftrightarrow f = \frac{v}{\lambda}$$

É possível deduzir o seguinte, assumindo um instrumento como a flauta transversal, ou seja em que $\lambda = 2L$:

$$f = \frac{v}{\lambda} \Leftrightarrow f = \frac{v}{2L} \Leftrightarrow 2L = \frac{v}{f} \Leftrightarrow L = \frac{v}{2f}$$

Sabendo que um Lá corresponde a uma frequência de 440 Hz, substituindo na expressão acima, chega-se ao comprimento de tubo necessário para produzir a nota Lá:

$$L = \frac{345}{2 \times 440} = 0,392 \text{ m}$$

Procedendo de forma análoga mas desta vez assumindo um instrumento como o clarinete, ou seja em $\lambda = 4L$, deduz-se:

$$L = \frac{v}{4f} = \frac{345}{4 \times 440} = 0,196 \text{ m}$$

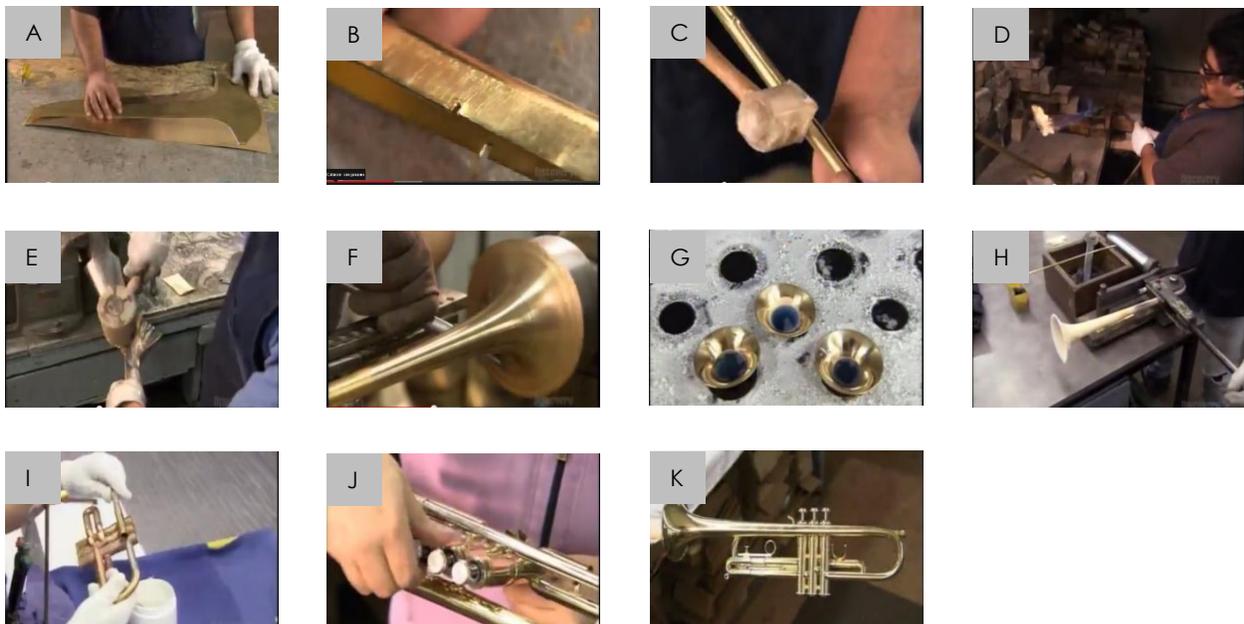
Os cálculos apresentados acima apenas dizem respeito à nota Lá, se se aplicar os mesmos passos às outras notas da escala cromática obtém-se as relações entre as frequências destas notas e os comprimentos dos tubos que lhes estão associados. (Ver tabela 1 em anexos)

3.5 Fabrico

3.5.1 Fabrico de um Trompete

O fabrico de um trompete tem por base um processo maioritariamente artesanal. Este processo inicia-se com uma chapa metálica, normalmente latão, da qual se obtém um modelo de construção (A), de seguida este modelo é dobrado sobre si próprio formando um tubo (B) ao longo do qual se fazem furos para tornar possível a ligação entre as duas extremidades (C), e para tal solda-se o local de junção (D). De seguida, procede-se a formação da campana, com a ajuda de um martelo obtém-se as primeiras formas (E) e posteriormente num torno leva-se a campana à sua forma final (F).

Segue-se a formação dos tubos que compõem o instrumento, então coloca-se uma solução de água com sabão nos mesmos e deixa-se a congelar a -49°C (G), isto impede que ao dobrar este colapse (H). Com os tubos todos dobrados procede-se á montagem (I) por encaixe ou soldadura dependendo da peça em questão, e montam-se os pistões (J) e outros mecanismos do instrumento. Finalmente o trompete é polido e testado, obtendo-se o produto final (K).

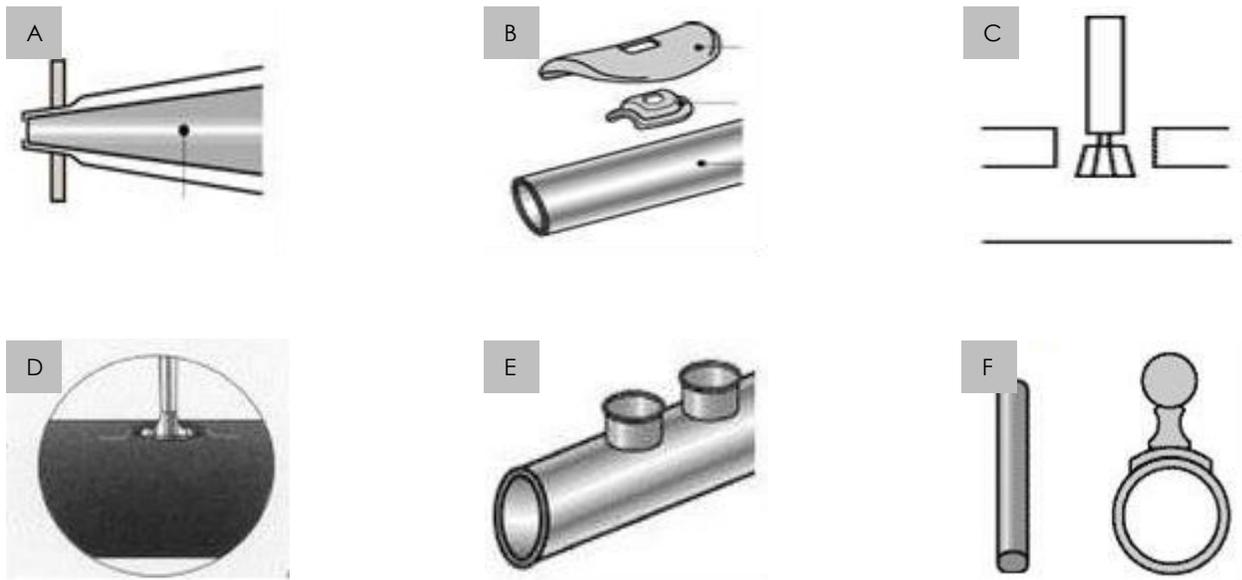


ESQUEMA 2 - CONSTRUÇÃO DE UM TROMPETE [29]

3.5.2 Fabrico de uma flauta transversal

O fabrico de uma flauta é iniciado pela construção da cabeça. Após o metal ser lixado e polido ele é torneado com precisão milimétrica (A). Este passo é muito importante na determinação do som da flauta. De seguida, o bocal e o suporte são soldados ao corpo da flauta por aquecimento (B). Após a soldagem, é feito um corte interno ao bocal (C), que é realizado com o propósito de aumentar o volume e de dar ao som uma ressonância característica. Por fim, é feita a cromagem da peça, que é mergulhada numa solução especial para ser prateada.

Depois de a cabeça estar terminada, segue-se a construção do corpo, que é feito em várias etapas. Primeiramente, são feitos 16 furos no corpo da flauta (D). Os mesmos são elevados do corpo e as bordas são arredondadas. De seguida os suportes são montados no corpo da flauta (F). São feitos furos nos suportes de modo a que a face de contacto fique plana. Para terminar, tal como na cabeça da flauta, é feita a cromagem da peça.



ESQUEMA 3 - CONSTRUÇÃO DE UMA FLAUTA TRANSVERSAL [30]

4. Conclusões

A realização deste projeto possibilitou-nos uma aprendizagem mais aprofundada sobre o que são os instrumentos de sopro, a sua história, processos de fabrico, materiais que os constituem e o seu funcionamento, permitindo-nos relacioná-los com a engenharia.

Com a sua história aprendemos que os instrumentos de sopro têm vindo a sofrer grandes alterações ao longo dos séculos, com o objetivo de o tornar cada instrumento mais fácil de tocar e fazendo com que este produza um som melhor, do ponto de vista harmónico, e que a sua origem teve início há muito tempo atrás, cerca de 67 mil anos.

Na temática dos processos de fabrico, devido a várias pesquisas efetuadas, verificámos que estes são diferentes para cada instrumento mas que os processos mais usados, com objetivo de ter uma produção mais eficaz e com menos custos são: moldagem, forjamento, furação, corte, soldadura, polimento e torneamento.

O funcionamento revelou-nos como é produzido o som nos instrumentos musicais de sopro, através do mecanismo da coluna de ar e como esta varia e influencia o som emitido pelo instrumento.

Referências Bibliográficas

- [1] Carse, A. (1939). Musical Wind Instruments.
- [2] Baines, A. (1962). Musical Instruments Through the Ages.
- [3] (2012). "Exploring the Evolution of Musical Instruments." Retrieved 2013/10/17, from <http://www.insidescience.org/content/exploring-evolution-musical-instruments/819>
- [4]. "A Brief History of Wind Instruments." Retrieved 2013/10/17, from http://mkwhistles.com/mkshop/history-of-wind-instruments?_store=de&_from_store=en.
- [5] Luís, H. Instrumentos musicais.
- [6] Araújo, S. "A evolução histórica da flauta até Boehm." Retrieved 2013/10/17, from http://amjsad.com/downloads/nilson/a_evolucao_historica.pdf
- [7]. "O saxofone." Retrieved 2013/10/17, from <http://www.bandasfilarmônicas.com/saxofone.pdf>
- [8] (2013). "How Woodwind Instruments Work." Retrieved 2013/10/17, from <http://method-behind-the-music.com/mechanics/woodwinds>
- [9]. "Flute acoustics." Retrieved 2013/10/17, from <http://www.phys.unsw.edu.au/jw/fluteacoustics.html>
- [10]. "Physics of Musical Instruments." Retrieved 2013/10/17, from <http://www.zahniser.net/~russell/physics05/index.php?title=Physics%20of%20Musical%20Instruments>.
- [11] (2010). "Didgeridoo." Retrieved 2013/10/17, from <http://themultiman.wordpress.com/tag/acustica/>.
- [12]. "Didgeridoo acoustics." Retrieved 2013/10/17, from <http://www.phys.unsw.edu.au/jw/didjeridu.html>
- [13] (2006). "Didgeridoo playing as alternative treatment for obstructive sleep apnoea syndrome." Retrieved 2013/10/17, from <http://www.bmj.com/content/332/7536/266>
- [14] (2007). "Instrumento de sopro." Retrieved 2013/10/17, from <http://www.freewebs.com/fmusical/sopros.htm>.
- [15] (2004). "A Física da Música." Retrieved 2013/10/17, from http://www.cdcc.usp.br/ciencia/artigos/art_25/musica.html
- [16]. "Clarinet acoustics." Retrieved 2013/10/17, from <http://www.phys.unsw.edu.au/jw/clarinetacoustics.html#harmonics>
- [17] (2003). "Saxophone Harmonics ". Retrieved 2013/10/17, from <http://tamingthesaxophone.com/saxophone-harmonics-overtones.html>.

Referências de Imagens

- [18] Luis, H. Instrumentos musicais.
- [19] <https://sites.google.com/site/wisdomthinking/home4>
- [20] <http://www.gaitadefole.com/funcionamento.htm>
- [21] <http://blog.laoutback.com/lao-news/lewis-burns-playing-at-art-of-the-didgeridoo/>
- [22] <http://en.wikipedia.org/wiki/Didgeridoo>
- [23] <http://physicsoboereed.blogspot.pt/>
- [24] <http://method-behind-the-music.com/mechanics/woodwinds>
- [25] <http://www.phys.unsw.edu.au/jw/brassacoustics.html>
- [26] http://en.wikipedia.org/wiki/Brass_instrument
- [27] <http://www.phys.unsw.edu.au/jw/fluteacoustics.html>
- [28] <http://www.phys.unsw.edu.au/jw/clarinetacoustics.html>
- [29] <http://www.youtube.com/watch?v=TsHVLOCieeU>
- [30] <http://musicaeadoracao.com.br/25119/etapas-de-construcao-da-flauta-transversal/>

Anexo

Nota Musical	Frequência (Hz)	Comprimento (cm) ($\lambda = 2L$)	Comprimento (cm) ($\lambda = 4L$)
Lá	440,00	39,2	19,6
Lá#	466,16	37,0	18,5
Si	493,88	34,9	17,5
Dó	523,25	33,0	16,5
Dó#	554,37	31,1	15,6
Ré	587,55	29,4	14,7
Ré#	622,25	27,7	13,9
Mi	659,26	26,2	13,1
Fá	698,46	24,7	12,3
Fá#	739,99	23,3	11,7
Sol	783,99	22,0	11,0
Sol#	830,61	20,8	10,4
Lá	880,00	19,6	9,8

TABELA 1 - RELAÇÃO ENTRE AS NOTAS MUSICAIS E COMPRIMENTOS DE TUBOS