

## 12- INSTRUMENTOS DE SOPRO

Nos instrumentos de sopro ocorre, igualmente, o mesmo fenômeno em relação à limitação das frequências dos sons produzidos. Ou seja, eles produzem sons cujas frequências são restritas a determinados valores. Esses valores, no entanto, dependem do tipo de instrumento.

Para analisarmos os sons produzidos pelos instrumentos de sopro devemos analisar as frequências possíveis de sons produzidos numa coluna de ar.

Vamos considerar colunas de ar abertas em uma das extremidades. A outra extremidade poderá ser igualmente aberta ou fechada.

Na extremidade fechada situa-se um nó. Na extremidade aberta situa-se um anti-nó ou ventre.

Numa coluna de ar formam ondas estacionárias de vibração. A condição de contorno exigindo que a pressão se acumule na extremidade implica que nela se situa um nó.

Os tubos dos instrumentos musicais, contendo uma coluna de ar, adquirem ou uma forma cilíndrica (como a flauta, órgão e clarineta) ou uma forma cônica (como o trompete, saxofone e fagote). O porquê disso tem a ver as frequências de ressonâncias da cavidade.

No caso dos instrumentos com duas extremidades abertas, como o trombone a clarineta, as frequências dos sons produzidos satisfazem a uma condição análoga aos instrumentos de cordas. Assim, se considerarmos o comprimento  $L$  entre as duas extremidades abertas (vide figura 8) a restrição aos comprimentos de onda, é dada pela expressão:

Para a geração de sons mais graves se requer um comprimento maior da coluna de ar. O trombone, por ser maior, produz sons mais graves do que o trompete.

### 12.1- Instrumentos de Sopro com Duas Extremidades Abertas

Essa situação é semelhante aos instrumentos de corda. Assim os comprimentos de onda são dados por:

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Ou seja,

$$\lambda_1 = 2L \quad \lambda_2 = 4L \quad \lambda_3 = 6L$$

Enquanto que para as frequências, temos

$$f_n = n \frac{V}{2L} \quad \text{com } n = 2, 3, \dots$$

E, portanto, nesse caso ainda vale a expressão:

$$f_n = nf_1 \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Onde  $V$  é a velocidade do som e a frequência  $f_1$  é a frequência do primeiro harmônico. Portanto, também nesse caso, temos uma situação análoga àquela dos instrumentos de corda.

$$f_1 = \frac{V}{2l}$$



Fig. 1- Instrumentos com duas extremidades abertas.

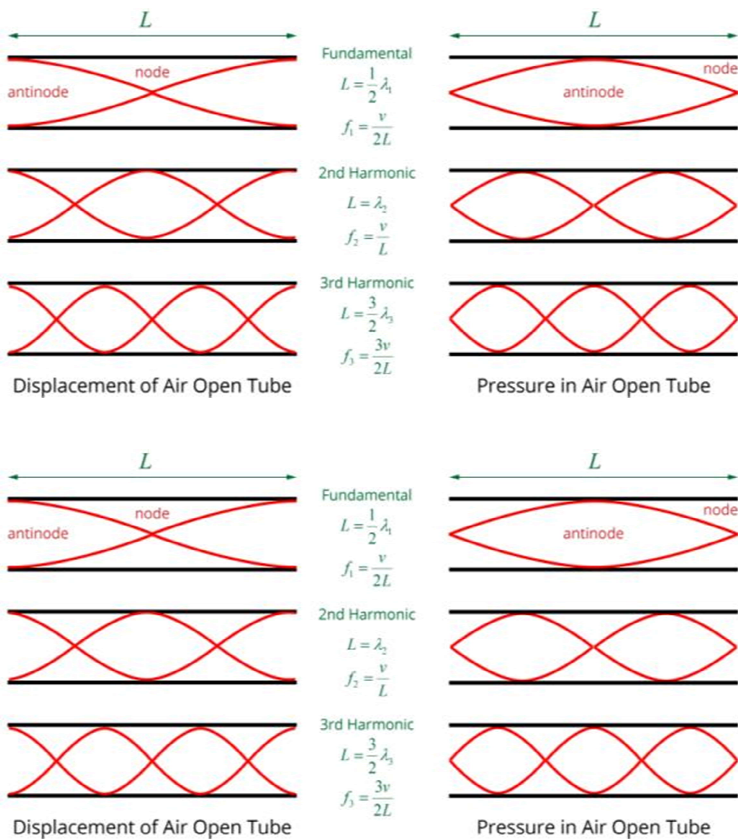


Fig. 2- Valores possíveis dos comprimentos de onda no caso de duas extremidades abertas.

## 12.2- Instrumentos de Sopro com Uma Extremidade Aberta

O caso de colunas de ar fechadas numa extremidade é de grande relevância para entender alguns instrumentos de sopro. Nesse caso os comprimentos de onda possíveis são:

No caso dos instrumentos de sopro com uma extremidade aberta, como a flauta, a condição é um pouco diferente. O que nos leva ao resultado de que os sons produzidos são aqueles para os comprimentos de onda são dados pela expressão:

$$\lambda_m = \frac{4L}{2m+1} \quad m = 1, 2, 3, \dots$$

Assim, numa coluna de ar aberta os comprimentos de onda possíveis são:

$$\lambda_1' = 4l \quad \lambda_2' = \frac{4}{3}l \quad \lambda_3' = \frac{4}{5}l$$

Assim, as frequências produzidas são:

$$f_m = \frac{2m+1}{2} \frac{v}{2L} \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Consequentemente as frequências são dadas por:

$$f_m = \frac{2m+1}{2} f_1 \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Com  $f_1$ , a frequência fundamental, dada por:

$$f_1 = \frac{v}{2l}$$



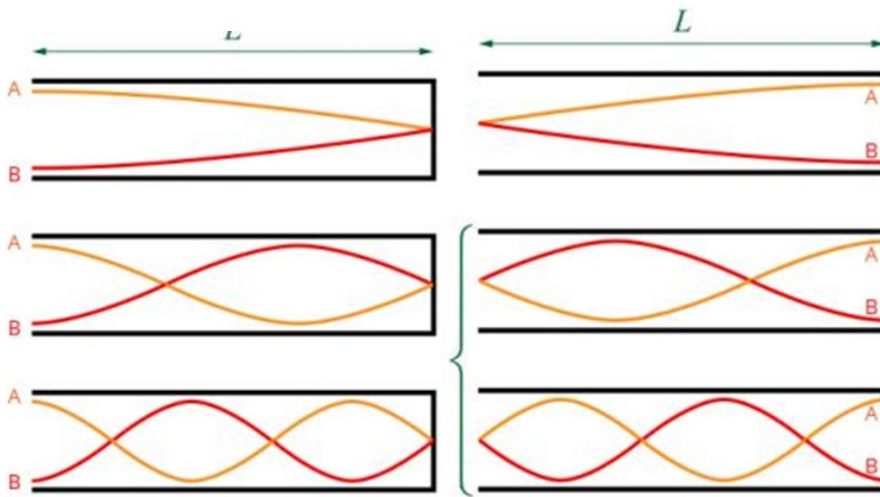


Fig. 3- Comprimento de onda dos vários modos.