

ANÁLISE DOS EFEITOS DE DOIS DIFERENTES MÉTODOS DE FABRICAÇÃO EM PRATOS DE BATERIA

Tales Humberto de Aquino Boratto

Universidade Federal de Juiz de Fora, Pós-Graduação em Modelagem Computacional, Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro, CEP 36036-900, Juiz de Fora - MG.
tales.boratto@engenharia.ufjf.br

Raphael Fortes Marcomini

Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica, Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro, CEP 36036-900, Juiz de Fora - MG.
raphael.marcomini@engenharia.ufjf.br

Leonardo Goliatt da Fonseca

Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Mecânica Aplicada e Computacional, Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro, CEP 36036-900, Juiz de Fora - MG.
leonardo.goliatt@engenharia.ufjf.br

Carlos Renato Pagotto

Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica, Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro, CEP 36036-900, Juiz de Fora - MG.
crpagotto@engenharia.ufjf.br

Alexandre Abrahão Cury

Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Mecânica Aplicada e Computacional, Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro, CEP 36036-900, Juiz de Fora - MG.
alexandre.cury@engenharia.ufjf.br

Igor Jurandir Ubaldo Viana Pereira

Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Engenharia Metalúrgica, Rua Professor Paulo Magalhães Gomes, 122 - Bauxita, CEP 35400-000, Ouro Preto - MG.
igorjurandir@gmail.com

Francisco Domene Nishida

Domene Cymbals, Avenida Doutor Miguel Coutinho, 161 - Jardim Paineiras, CEP 18705-640, Avaré - SP.
francisco@domenecymbals.com

Resumo. A acústica de um prato de bateria é resultado da combinação de seu material e todos os processos de fabricação ao qual é submetido, contribuindo de maneiras diferentes para a composição do som. Nesse sentido, este trabalho faz uma revisão teórica sobre ligas de bronze e de dois diferentes métodos de fabricação de pratos de bateria, em que se propõe analisar os fatores influentes sobre as características acústicas destes instrumentos. Para tanto, a estratégia utilizada foi a de descrever cada etapa dos métodos de produção artesanal e não artesanal no Brasil, relacionando as alterações físicas com as acústicas sob a percepção auditiva de um artesão experiente de pratos e de bateristas. O primeiro método é descrito para ligas de bronze heterogêneas, normalmente Cu-20Sn, sendo caracterizado por etapas manuais de fabricação que permitem um melhor trabalho acústico, atingindo um maior equilíbrio entre os fatores influentes no som. Já o segundo, apresenta ganho de reprodutibilidade e escala de produção por estar associado a ligas homogêneas, geralmente Cu-8Sn, que permitem uma produção mecanizada. Entretanto, neste tipo de fabricação perde-se a liberdade do artesão de trabalhar a acústica destes instrumentos. Sendo assim, as diferentes linhas de produção darão origem a instrumentos de características acústicas e mecânicas diferentes.

Palavras chave: Ligas de Bronze. Pratos de Bateria. Acústica. Fabricação.

1. INTRODUÇÃO

Pratos de bateria são instrumentos musicais de geometria relativamente simples, apresentando-se, normalmente, na forma de um disco metálico côncavo com um ressalto em sua região central, como mostra a Fig. 1. Além disso,

envolvem uma grande complexidade sonora por conta dos diversos fatores que influenciam diretamente em sua acústica (Werner, 2015), tais como o diâmetro externo, tamanho de cúpula, espessura e gradiente de espessura ao longo do raio, arco de curvatura, peso, tensão na borda e tipo de acabamento superficial. A escolha de um conjunto destes fatores é responsável por definir o som destes instrumentos. Dessa forma, é importante selecioná-los adequadamente, pois cada um deles apresenta uma influência predominante em determinada característica acústica, cuja alteração provoca uma mudança no som. Ainda assim, é possível que um parâmetro tenha efeito sobre o resultado individual esperado de outro (Pinksterboer, 1992), e é por isso que se faz necessário escolhê-los adequadamente, visando o objetivo acústico desejado.

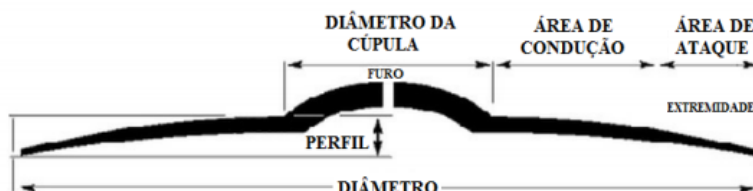


Figura 1 – Detalhamento de um prato de bateria.
(Werner, 2015).

Para a concepção dos pratos de bateria é necessário ter um material que concilie maleabilidade, dureza e tensão de escoamento (Modern Drummer, 2011, White e MacMillan, 2003) o que torna as ligas de cobre preferíveis para este tipo de aplicação, especialmente os bronzes. Historicamente, os bronzes sino, ou *bell bronzes*, são os mais tradicionais para este fim, sendo utilizados desde o surgimento dos pratos. Hoje, estes materiais são conhecidos no meio musical como bronzes B20, uma nomenclatura sugestiva para bronzes de composição química Cu-20Sn, ou seja, uma liga de cobre com adição de 20% em peso de estanho (Gazaway, 2018). Com o passar dos anos, outras ligas de bronzes começaram a ser utilizadas para a mesma finalidade, dando destaque à liga B8, com 8% em peso de estanho, conhecidas no mercado como C52100. Sendo assim, como as ligas B8 e B20 são as mais usualmente utilizadas, estas serão tomadas como referência na apresentação dos dois diferentes métodos de fabricação de pratos: artesanal e não artesanal, no âmbito nacional.

Este primeiro normalmente está associado à fabricação de pratos em liga de bronze B20 e é caracterizado por apresentar etapas de trabalho manual que dependem da experiência e habilidade do operador, além de processos de fabricação a quente, que deixam este método mais custoso. Já o segundo - o não artesanal - está relacionado à fabricação de pratos em bronze com estrutura homogênea, como as ligas B8, apresentando majoritariamente processos a frio que permitem uma maior escala de produção e reprodutibilidade. Entretanto, mesmo que este segundo método pareça vantajoso *a priori*, o método artesanal possui uma liberdade maior de trabalho e modificação dos aspectos acústicos do prato, conseguindo, de tal forma, alcançar um equilíbrio melhor entre tais aspectos.

Portanto, este trabalho consiste em uma revisão teórica sobre ligas de bronze e de dois diferentes métodos de fabricação de pratos de bateria no Brasil, tendo como objetivo analisar os fatores influentes nas características acústicas destes instrumentos. De tal forma, pretende-se mostrar que, de fato, a composição do som de um prato é resultado de todos os processos de fabricação envolvidos, utilizando como estratégia uma descrição de cada etapa de ambos os métodos de produção, relacionando as alterações físicas com as acústicas, sob a percepção auditiva de um artesão experiente de pratos e de músicos bateristas.

Sendo assim, o restante deste artigo é dividido como se segue: a Seção 2 apresenta na primeira subseção um breve estudo das ligas de bronze tomadas como referência (B8 e B20). A segunda e a terceira subseções são dedicadas à descrição dos métodos artesanal e não artesanal, respectivamente, em uma abordagem sequencial de suas etapas de fabricação, bem como as contribuições acústicas de cada uma delas. A Seção 3 apresenta as discussões pertinentes do trabalho, e a Seção 4 conclui este trabalho.

2. METODOLOGIA

Uma revisão bibliográfica buscando descrever as etapas do processo de fabricação de pratos de bateria através dos métodos artesanal e não artesanal foi realizada tomando-se fábricas brasileiras como referência. Pode-se dizer que a primeira linha de processos é derivada do tradicional método turco de fabricação, muitas vezes conhecido como fabricação artesanal, por requerer algumas etapas manuais e que dependem intrinsecamente da habilidade do operador para obter o som desejado do instrumento. A segunda linha abordada envolve uma fabricação não mais artesanal, que permite uma produção em maior escala, mais barata e menos dependente das habilidades do operador sobre o resultado acústico final.

Um comparativo entre estes métodos de fabricação pode não ser justo, uma vez que apresentam concepções diferentes. Enquanto um preza por trabalhar o material e explorar o seu potencial acústico, a fim de atingir um resultado

específico, o outro sacrifica uma parcela deste trabalho acústico do material objetivando aumentar a reprodutibilidade e escala de produção. Vale ressaltar que as referências são empresas brasileiras que atuam neste ramo e que a abordagem é feita de uma maneira geral, uma vez que cada fabricante tem as suas características de fabricação - dentro do escopo geral - que o diferencia dos demais.

Normalmente, estes dois tipos de fabricação estão associados a diferentes ligas de bronze, o que torna necessário, primeiramente, conhecer estes materiais e compreender seus comportamentos, pois explicam grande parte do porquê desta divisão dos métodos.

2.1. Diferenças entre os bronzes

Tratando os bronzes basicamente como uma liga metálica não ferrosa de cobre com a adição de estanho e, tomando-se o diagrama de fases destes elementos – Fig. 2a, pode-se perceber que o estanho é totalmente solúvel no cobre até aproximadamente 15,8 % em peso, o que acontece quando a temperatura é de 520 °C. Isso significa que ligas de bronze B8 são homogêneas, apresentando unicamente a fase α de estrutura cristalina FCC (White e MacMillan, 2003, Konečná e Fintová, 2012), ao passo que quando se trata de ligas de bronze B20, o estanho deixa de ser totalmente solúvel e forma um precipitado β , frágil e de estrutura cristalina CCC (Mortazavi e Oudbashi, 2010).

Além disso, para o caso da liga B20 ou, de maneira geral, das ligas heterogêneas de fases $\alpha + \beta$, existe um processo de envelhecimento natural que consiste em uma lenta decomposição do precipitado β nas fases $\alpha + \delta$ em condições comuns (Mortazavi e Oudbashi, 2010), o que vai tornando o material mais duro com o passar do tempo e influenciando em sua acústica (White e MacMillan, 2003).

De acordo com Scott (1991), bronzes com teor de estanho em peso até próximo de 17 %, permitem ser trabalhados a frio e recozidos - Fig. 2b. Nesta condição, existe uma faixa de concentração entre 17 % e 19 % de estanho em peso, em que os materiais se tornam impraticáveis tanto a quente quanto a frio, por conta do surgimento do intermetálico δ na fronteira dos grãos. Acima desta faixa de não praticidade, estes materiais permitem ser trabalhados a quente.

O que acontece é que o intermetálico β formado, menos quebradiço que o δ , aumenta a fragilidade do material e limita a sua trabalhabilidade (Modern Drummer, 2011). Dessa forma, as ligas heterogêneas, tais como o B20, necessitam de muitas etapas a quente de fabricação, o que torna o processo mais custoso e caro. Em contrapartida, as ligas monofásicas permitem ser trabalhadas a frio em temperatura ambiente, o que possibilita uma fabricação menos custosa, em todos os sentidos.

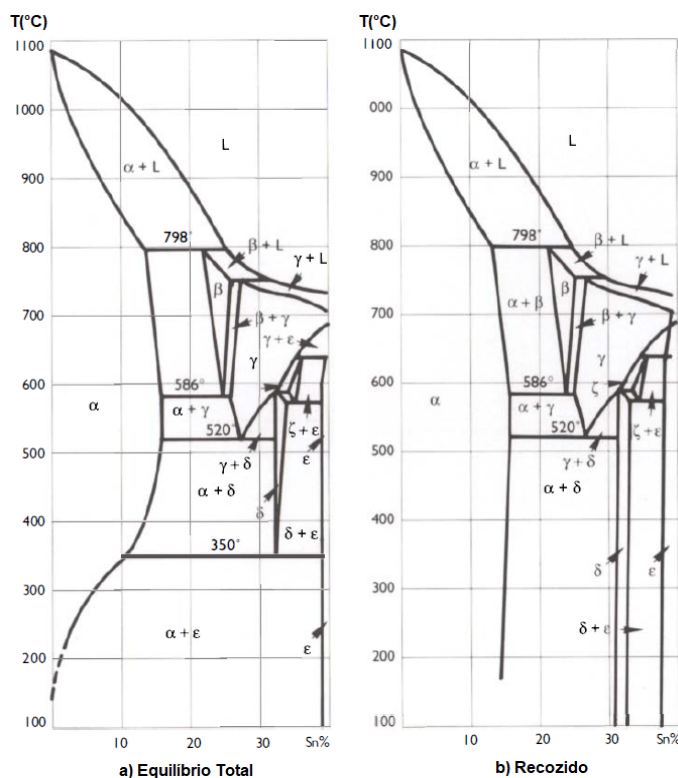


Figura 2 – Diagrama de Fases Cu-Sn sob diferentes condições: a) Equilíbrio Total. b) Recozido. (Scott, 1991)

2.2. Método de produção artesanal

Por conta de a liga de bronze Cu-20Sn não ser comumente encontrada no mercado, este tipo de fabricação se inicia com o processo de fundição por gravidade, em que, primeiramente, funde-se o cobre para depois adicionar a quantidade de estanho em peso desejada, equivalente a 20% do peso total do material fundido, neste caso. A mistura líquida destes metais é, por fim, vertida em lingoteiras horizontais circulares que, ao se solidificar, terá dado origem aos lingotes de bronze, cujas dimensões são na ordem de 35 mm de espessura e 100 mm de raio.

Portanto, a fim de diminuir a espessura do lingote, estes são submetidos ao processo de laminação a quente, com reaquecimento até no entorno dos 600 °C entre cada passe. Após 10 a 12 operações, o lingote se transforma em uma chapa com espessura e área superficial adequadas para dar prosseguimento à fabricação. Neste momento, mais uma etapa de reaquecimento é realizada para que a chapa de bronze seja submetida à operação de estampagem, realizada com o auxílio de uma prensa hidráulica e matrizes cambiáveis que lhes confere o formato de ressalto central no prato, o qual é denominado de cúpula, como mostra a Fig. 1.

A definição da espessura e da cúpula também se apresentam como fatores influentes na acústica dos pratos. A espessura tem relação com a quantidade de metal vibrando, de maneira que uma maior quantidade acarreta uma tendência de som mais agudo, com maior sustentação e projeção (Pinksterboer, 1992). A cúpula pode apresentar variações em diâmetro, curvatura e altura e, dessa maneira, quanto maior forem estes aspectos, maior tende a ser a emissão de harmônicos e a sensação de volume sonoro (Pinksterboer, 1992).

Até então, o material em suas condições normais apresenta uma estrutura muito quebradiça. O aumento da temperatura nos processos de conformação a quente levou o material para uma composição de fases α e β , entretanto, a lenta taxa de resfriamento ao ambiente decompõe essas fases em α e δ , sendo esta última a responsável pela fragilização do material (Mortazavi e Oudbashi, 2010). Para minimizar esse efeito, realiza-se um tratamento térmico de têmpera que tem como objetivo evitar a formação da fase δ , preservando a estrutura do material na fase aquecida $\alpha + \beta$ e deixando o precipitado β em formato de agulhas como mostra a Figura 3 (Scott, 1991, Mortazavi e Oudbashi, 2010). Este tratamento é realizado com o aquecimento do material até próximo dos 600 °C seguido de um resfriamento brusco em água à temperatura ambiente. Normalmente antes do aquecimento é feito um banho de salmoura na chapa que favorece a retirada de óxido de estanho presente no material, deixando-o com uma coloração mais clara (Pinksterboer, 1992).

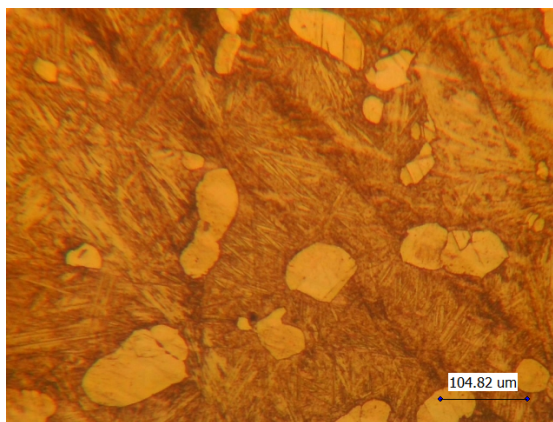


Figura 3 – Metalografia Cu-20Sn.
(Elaborado pelo autor)

Ao final destas etapas, tem-se uma chapa com a superfície bastante deformada, exceto pela cúpula estampada em sua região central, e com um perímetro irregular. Portanto, é necessário realizar um recorte ao longo de seu contorno, com a finalidade de se prover um formato circular com diâmetro ligeiramente superior ao do prato desejado. Dessa forma, chega-se a um subproduto da fabricação conhecido como *blank*, que é o material bruto que pode dar origem a qualquer prato com as determinadas especificações de espessura, diâmetro e tamanho de cúpula.

A partir deste material bruto, ou do *blank*, o trabalho é todo realizado a frio e merece uma atenção especial, pois são os processos em que se tem uma maior liberdade para trabalhar a acústica do instrumento. O primeiro processo é o de forjamento por martelamento manual, que tem por objetivos dar a forma côncava da superfície do prato, como mostrado na Fig. 1, bem como finalidade acústica. Esta operação demanda uma imensa quantidade de impactos do martelo sobre as superfícies superior e inferior da chapa até que se atinja o formato desejado. Além disso, como mencionado anteriormente, toda a superfície do material bruto é irregular, o que provoca uma aleatoriedade na distribuição das marcas do martelo. Estas, por sua vez, nada mais são do que pequenas deformações localizadas que se apresentam como barreiras na propagação do som no material. Dessa forma, quanto mais marcas, mais irregular se torna a propagação do som na superfície, acarretando uma maior complexidade sonora, isto é, em uma maior mistura entre as frequências emitidas. Além disso, a concavidade, ou o arco, do prato tem relação direta com a tensão em suas superfícies. De

maneira geral, quanto maior a concavidade ou o arco de curvatura, mais tensionado estará o prato e, consequentemente, mais agudo tende a ser o seu som, como mostrado na Fig. 4.

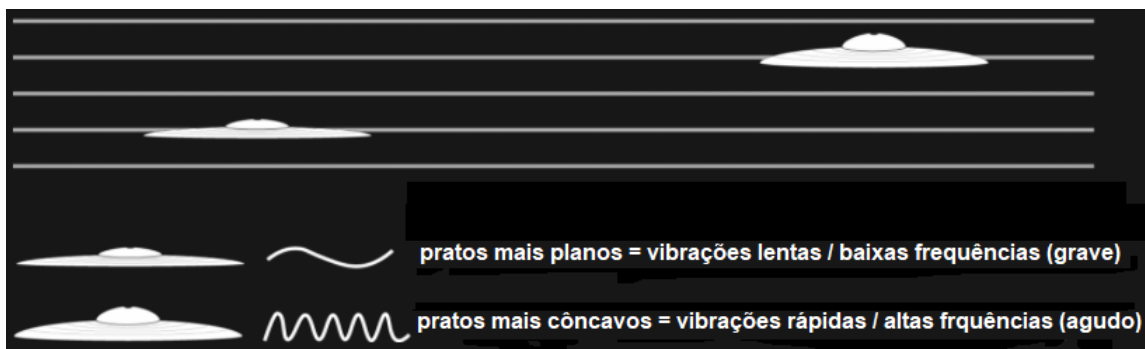


Figura 4 - Influência da curvatura de perfil em um prato.
(Paiste, c2021)

Com relação ao nível de tensão da borda, pode-se pensar que um menor tensionamento leva a maiores deformações durante o impacto e, portanto, a menores velocidades de dispersão (Rossing, 2014), o que ocasionaria a movimentação de maior quantidade de ar em uma menor frequência.

Por fim, já com seu formato, o prato é levado até um torno adaptado para este tipo de aplicação, onde será realizada a etapa da usinagem. Primeiramente, o operador faz o ajuste mais preciso do diâmetro externo, através de um procedimento de sangria próximo a borda, para então realizar as operações de desbaste e acabamento superficial. Estes últimos apresentam uma relação direta com a acústica dos instrumentos.

O desbaste pode manter a espessura do prato constante ou implementar um gradiente ao longo do raio, de maneira que a borda fique mais fina que o centro. A presença deste gradiente acarreta uma resposta mais rápida ao toque e em uma tendência de timbre mais grave, quando comparado com um prato de espessura constante (Pinksterboer, 1992).

Já o acabamento superficial é responsável por dar origem aos sulcos tonais. Estes são determinados principalmente pela velocidade de avanço e profundidade de corte do torneamento, de maneira que quanto menor forem esses parâmetros, mais próximos entre si e rasos estarão tais sulcos, favorecendo a propagação de alta frequências (sons agudos) no material.

Entretanto, é comum que a usinagem não seja feita em toda a superfície(s) do prato, havendo, dessa forma, uma combinação entre partes torneadas e não desbastadas de diferentes maneiras. Indo um pouco além, pode acontecer de serem feitos diferentes tipos de sulcos na parte torneada. Em se tratando de som, a camada de óxido - presente na região não desbastada - pode ser tratada analogamente como uma película sobre o metal, deixando o seu som mais abafado e com menor emissão de harmônicos. Portanto, a depender da combinação destes arranjos sobre a(s) superfície(s) e dos tipos de sulcos, o efeito acústico obtido torna-se diferente.

Ao final de todas estas etapas, o material necessita de um tempo de descanso por alguns dias em condições normais do ambiente (Pinksterboer, 1992), para poder aliviar as tensões residuais impostas durante os trabalhos anteriores, até que o instrumento chegue ao seu som verdadeiro e não esteja sendo alterado momentaneamente por tais tensões.

2.3. Método de produção não artesanal

Diferentemente do caso anterior, algumas ligas de bronze são encontradas no mercado e podem ser compradas em forma de chapas ou bobinas, como é o caso das ligas C52100 e C52400 (B8 e B10 respectivamente). É importante ressaltar que tais ligas comerciais apresentam traços fosforosos em sua composição, cuja finalidade é o aumento da dureza, resistência à fadiga e resistência ao desgaste (Durowoju e Babatunde, 2013 e Copper Alliance, 2018), apresentando, portanto, uma melhoria em propriedades importantes para este tipo de aplicação.

Dessa maneira, o início da fabricação se dá com a compra das chapas ou bobinas de bronze com espessuras específicas para o tipo de prato que será produzido, uma vez que a espessura apresenta influência sobre o som deste instrumento, conforme mencionado anteriormente. Ao ser retificada (no caso de uma bobina), são realizados recortes quadrados com tamanhos de aresta aproximados ao diâmetro do prato desejado, sendo, em seguida, levados até uma furadeira de bancada que lhes confere seus furos centrais. Na sequência é feito o aparado das arestas para deixar os recortes com um formato circular, obtendo-se o que é conhecido como *blank*, isto é, o material bruto que pode dar origem a qualquer prato com a sua especificação de diâmetro e espessura. Vale ressaltar que, diferentemente do método anteriormente abordado, o *blank*, neste caso, é plano e circular, não apresentando deformações em sua superfície e irregularidades em seu contorno.

Para dar o formato côncavo do instrumento, estas chapas circulares são submetidas a uma operação de estampagem por repuxo, em que a matriz do torno de repuxo apresenta o formato do prato: cúpula e concavidade da superfície.

Logo, existem uma variedade de matrizes que se diferem em tamanhos diametrais, de cúpula e de perfil (arco de curvatura). Esta operação confere à superfície superior da chapa algumas marcas radiais, análogas aos sulcos tonais provenientes da etapa de usinagem do método de fabricação artesanal. Entretanto, a superfície inferior normalmente possui a textura original lisa da bobina ou chapa, o que, de maneira geral, confere a estes pratos uma característica de som mais agudo. Dando sequência, estes futuros pratos, já com seus formatos, são submetidos a um processo de forjamento. Para tanto, os mesmos são levados até um martelo hidráulico ou pneumático que irá lhes conferir impressões determinadas de martelamento e arrançadas sobre a sua superfície, isto é, com formatos específicos e organizadas seguindo um padrão. Diferentemente do processo de forjamento utilizado no método artesanal, estas marcas apresentam apenas finalidade acústica – relacionada à propagação do som no material - e não são distribuídas de maneira aleatória, o que acarreta em um instrumento com menos complexidade sonora.

A fim de aliviar as tensões internas do material, é feito um tratamento térmico de recozimento a uma temperatura na faixa de 200 °C a 300 °C. Esta, por sua vez, depende do modelo do prato e do fabricante, assim como o tempo de aquecimento. Após alívio de tensões, iniciam-se as etapas de acabamentos finais, que podem, ou não, ser aplicadas, a depender do modelo do prato. O instrumento pode ser polido, favorecendo a propagação de agudos e eliminando eventuais riscos provenientes da fabricação da bobina. Na sequência, podem ser envernizados a fim de evitar possíveis oxidações, mas acarretando um som mais abafado, semelhante, mas não exatamente da mesma forma, que a camada de óxido no caso dos bronzes B20. De toda forma, mesmo que estas últimas etapas não tenham sido aplicadas, o prato necessita de um tempo de descanso de alguns dias em condições normais do ambiente, até que atinja o seu “som verdadeiro”.

3. DISCUSSÃO

É possível perceber que a diferença entre os métodos fabris começa pela escolha do material. As ligas monofásicas, utilizadas na produção não artesanal, são mais dúcteis e de estrutura cristalina CFC, o que facilita operações de conformação devido ao modo de empilhamento dos planos cristalinos e ao número de planos e direções de deslizamento (Callister e Rethwisch, 2012, Groover, 2007). Sendo assim, estes materiais motivam a fabricação de pratos pelo método não artesanal, objetivando aumentar a escala de produção e padronização dos instrumentos. Já os bronzes de estrutura heterogênea são mais frágeis por conta do surgimento do intermetálico β de estrutura cristalina CCC, o que faz com que este material tenha que ser trabalhado a quente em grande parte da fabricação e não seja adequado para o método de produção não artesanal.

Tomando pratos de geometria tradicional, como a ilustrada pela Fig. 1, a variação do diâmetro externo causa mudanças na duração e na faixa de frequência do som emitido. Pratos maiores apresentam mais material para vibrar, o que deixa o som mais prolongado; e a maior área de superfície favorece a propagação de frequências mais baixas. A concavidade do instrumento é uma consequência do grau de tensionamento em suas superfícies, de maneira que quanto maior o arco de curvatura maior o seu nível de tensão, induzindo a um som mais agudo. A cúpula, por sua vez, aumenta a emissão de harmônicos e a sensação de volume sonoro, conforme o seu tamanho aumenta.

A espessura do prato também se relaciona com a quantidade de metal vibrando e, portanto, este parâmetro apresenta-se relevante para a projeção de volume do instrumento e para a sustentação e altura do som. No entanto, a introdução de um gradiente de espessura ao longo do raio, acarreta uma resposta mais rápida ao toque e em um timbre um pouco mais grave quando comparado com o mesmo prato de espessura constante. Já o acabamento superficial está relacionado aos tamanhos dos sulcos tonais nas superfícies dos pratos, de maneira que sulcos mais rasos e próximos favoreçam a propagação de agudos.

Na fabricação artesanal, a conformação da curvatura do prato é feita a partir do *blank*, que neste caso trata-se de uma chapa de superfície deformada e com a presença da cúpula, por meio do processo de forjamento manual livre, em que as pequenas marcas de compressão do martelo, além de moldarem a forma do prato, também apresentam finalidade acústica, deixando o som do prato mais complexo. Após ter seu formato definido, o processo de usinagem por torneamento tem as funções de ajustar o diâmetro, a espessura e o acabamento superficial do prato, sendo este último o responsável por determinar a forma dos sulcos tonais.

Já na fabricação não artesanal, utiliza-se a operação de estampagem por repuxo para dar a forma total do instrumento (curvatura e cúpula), partindo-se do *blank*, que neste caso é uma chapa plana circular. Além disso, este processo também é responsável por introduzir os sulcos tonais na superfície superior do prato. Após a definição do formato, são impressas marcas de compressão de martelo com finalidade acústica, que apresentam formas determinadas e estão arrançadas sob um padrão de distribuição sobre a superfície. Com isso, é possível perceber que o método artesanal depende intrinsecamente da experiência e habilidade do operador, o que não é tão evidente para o método não artesanal. Portanto, este segundo tipo de fabricação resulta em pratos mais padronizados, ao passo que para o primeiro, tem-se uma variação maior de som entre instrumentos do mesmo modelo. Sendo assim, pode-se dizer que estes métodos apresentam concepções diferentes de fabricação: o primeiro preza por um melhor trabalho acústico do material, enquanto o segundo objetiva uma maior padronização e escala de produção.

Entretanto, pode-se dizer que existe um método híbrido de fabricação, em que as ligas de bronze homogêneo são inicialmente submetidas às etapas da fabricação não artesanal até a obtenção do *blank*, sendo este, em seguida, adaptado

ao método artesanal a partir da etapa de forjamento. Logo, esse tipo de fabricação apresenta-se como uma alternativa para conciliar parte da velocidade de produção do método não artesanal com o trabalho acústico do método artesanal.

Ainda assim, a depender da classificação de artesanal e não artesanal, este método híbrido pode ser classificado como artesanal, pois grande parte de sua fabricação também é feita manualmente e, portanto, dependente do artesão. Entretanto, o contrário, isto é, introduzir pratos de bronze heterogêneos no processo não artesanal descrito é inviável por conta das propriedades mecânicas do material.

4. CONCLUSÕES

Com as abordagens da sequência de processos de fabricação, foi possível verificar que a composição do som destes instrumentos é resultado de todas as etapas de fabricação envolvidas desde a escolha de seu material. Além disso, avaliou-se a maneira com que cada processo se relaciona qualitativamente com as características acústicas do prato, concluindo que cada etapa possui a sua influência e relevância acústica.

Assim, mesmo que pratos de modelos e classificações iguais tenham sido fabricados da mesma maneira e com os mesmos parâmetros, as inúmeras variáveis que assumem um caráter aleatório envolvidas nos processos fazem com que estes apresentem uma variação acústica entre si. Isso fica mais nítido na abordagem artesanal, por conta das etapas manuais, embora seja algo que também aconteça na fabricação não artesanal. Ou seja, as pequenas variações que ocorrem nas diferentes etapas do processo de fabricação, apesar de não descaracterizarem as etapas do tal processo, fazem com que cada prato seja único.

As concepções dos métodos de fabricação, aliadas aos materiais e ao desenvolvimento da produção, acarretam instrumentos com características acústicas e mecânicas diferentes. Portanto, a questão de um prato ser acusticamente melhor do que o outro torna-se algo subjetivo, ainda que as suas características físicas e mecânicas possam servir de base comparativa para a seleção de um instrumento que se adeque melhor ao estilo do músico, visando uma maior vida útil do equipamento.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

5. REFERÊNCIAS

- Brennan, B., 2011. "What you need to know about... Cymbal alloys". Modern Drummer. 15 Jan. 2021 <<https://bit.ly/3gtqzMY>>.
- Bronzes. Copper Alliance, 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/3sCB82E>>. Acesso em: 05 Fev. 2021.
- Callister Jr., W. D., Rethwisch, D. G., 2012. *Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução*. LTC, 8ª Edição.
- Durowoju M. O. e Babatunde I. A., 2013. "The Effect of Varying the Composition of Phosphorus on the Microstructure and Mechanical Properties of Tin-Bronze Alloys". *International Journal of Modern Engineering Research - IJMER*, Vol. 3, Issue. 3.
- Gazaway, M., 2018. *The art of Cymbal Making*". Capstone Projects and Master's Theses, California State University, Monterey Bay.
- Groover, M. P., 2007. *Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes and systems*. Hoboken, NJ :J. Wiley & Sons.
- Konečná, R. e Fintová, S., 2012. "Copper and Copper Alloys: Casting, Classification and Characteristic Microstructures". IntechOpen, Rijeka.
- Martorano, M. e Capocchi, J., 2000. "Effects of processing variables on the microsegregation of directionally cast samples". *Metallurgical and Materials Transactions A*.
- Mortazavi, M. e Oudbashi, O., 2010. "Influence of Heat Treatment in Formation of Martensitic Structure in Historical Bronzes". In *International Conference on Materials Heat Treatment - ICMH 2010*. Isfahan, Iran.
- Paiste, [s.d.]. "Cymbal Anatomy" Paiste. 19 Jan. 2021 <<https://bit.ly/3awGrdP>>.
- Pinksterboer, H., 1992. *The Cymbal book*. Hal Leonard Corporation
- Rossing, T., 2014. *Springer handbook of acoustics*. Springer Handbooks, Springer New York, New York, NY, 2nd edition.
- Scott, D. A., 1991, *Metallography and Microstructure of Ancient and Historic Metals*. Getty Conservation Institute in association with Archetype Books.
- Werner, K., 2015. *Caracterização de aspectos do timbre de pratos de percussão através de análises psicoacústicas*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- White, M. e MacMillan, P., 2003. "The Cymbal as an Instructional Device for Materials Education". *MRS Proceedings*, Vol 760.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

EFFECTS ANALYSIS OF TWO DIFFERENTS CYMBALS MANUFACTURING METHODS

Tales Humberto de Aquino Boratto

Universidade Federal de Juiz de Fora, Pós-Graduação em Modelagem Computacional, Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro, CEP 36036-900, Juiz de Fora - MG.
tales.boratto@engenharia.ufjf.br

Raphael Fortes Marcomini

Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica, Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro, CEP 36036-900, Juiz de Fora - MG.
raphael.marcomini@engenharia.ufjf.br

Leonardo Goliatt da Fonseca

Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Mecânica Aplicada e Computacional, Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro, CEP 36036-900, Juiz de Fora - MG.
leonardo.goliatt@engenharia.ufjf.br

Carlos Renato Pagotto

Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica, Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro, CEP 36036-900, Juiz de Fora - MG.
crpagotto@engenharia.ufjf.br

Alexandre Abrahão Cury

Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Mecânica Aplicada e Computacional, Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro, CEP 36036-900, Juiz de Fora - MG.
alexandre.cury@engenharia.ufjf.br

Igor Jurandir Ubaldo Viana Pereira

Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Engenharia Metalúrgica, Rua Professor Paulo Magalhães Gomes, 122 - Bauxita, CEP 35400-000, Ouro Preto - MG.
igorjurandir@gmail.com

Francisco Domene Nishida

Domene Cymbals, Avenida Doutor Miguel Coutinho, 161 - Jardim Paineiras, CEP 18705-640, Avaré - SP.
francisco@domenecymbals.com

Abstract. *The cymbal acoustics is a result of a combination of its material and of all the manufacturing processes that it was subjected to, contributing in different ways to the composition of the sound. In this sense, this work makes a theoretical review about bronze alloys and two different methods of cymbal making, in which it is proposed to analyze the influential factors on the acoustic characteristics of these instruments. For this, the strategy used was to describe each manufacturing step of handmade and non-handmade productions methods in Brazil, relating physical and acoustic changes under the auditory perceptions of an experienced cymbal artisan and of drummers. The first method is described for heterogeneous bronze alloys, usually Cu-20Sn, being characterized by manual manufacturing steps that allow a better acoustic work, achieving a greater balance between the factors that influence the sound. The second one, on the other hand, presents gains in reproducibility and scale of production because it is associated with homogeneous alloys, usually Cu-8Sn, which allow mechanized production. However, in this type of manufacturing the artisan's freedom to work on the acoustics of these instruments is lost. Thus, the different production lines will give rise to instruments with different acoustic and mechanical characteristics.*

Keywords: *Bronze Alloys, Cymbals, Acoustics, Manufacturing.*

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.