

Tecnologia, mecanologia e sonologia: reverberações da modulação em anel no panorama sonoro do século XX

MODALIDADE: Sonologia

José Henrique Padovani
UFPB – padovani.ufpb@gmail.com

Resumo: O texto propõe uma aproximação entre a mecanologia de Gilbert Simondon e a Sonologia e os Estudos do Som (sound studies), tomando como recorte inicial a maturação técnica e o emprego da heterodinação e da modulação *em anel* em diversas nas práticas sonoras do século XX. Ao final, discute-se a potencial contribuição da mecanologia para a sonologia.

Palavras-chave: modulação em anel, heterodinação, Simondon, theremin.

Technology, mechanology and sonology: reverberations of the ring modulation in the sound panorama of the XXth century

Abstract: The text presents an approach between the philosophy of techniques of Gilbert Simondon and the Sonology and the Sound Studies, taking as initial framework the development and the employment of heterodyning and of the ring modulation in different sound practices of 20th century. At the end, the potential contribution of mechanology to sonology is discussed.

Keywords: ring modulation, heterodyning, Simondon, theremin.

1. Introdução

As práticas sonoras/musicais foram, desde finais do século XIX, substancialmente mediadas por recursos primeiramente baseados em elementos mecânicos de produção, registro e reprodução sonora e, em seguida, por dispositivos baseados em elementos eletrônicos. O surgimento da sonologia e dos *sound studies* enquanto campos de pesquisa deve-se, em parte, à modificação que novas práticas e técnicas sonoras/musicais causaram-se reciprocamente, reverberando em novas relações sociais, políticas e culturais e requerendo novas maneiras de pensá-las (STERNE *et al.*, 2012: p.2). Essas transformações exigiram abordagens dos fenômenos sonoros a partir de perspectivas que não se encerrassem nas musicologias tradicionais, não se restringissem apenas à aproximação das ciências humanas e da filosofia e que, ainda, não se limitassem a aspectos técnicos dos recursos em questão.

A partir da evolução de uma técnica específica, de grande importância para o panorama sonoro do século XX, o presente texto busca especular sobre a possível contribuição que a abordagem geral de Gilbert Simondon pode vir a ter para a sonologia enquanto campo transdisciplinar voltado às práticas e estudos do som e da música. Se de um

lado os conceitos e métodos de Simondon são específicos à tecnologia e à mecanologia, por outro, podem ser de interesse a uma investigação que não apenas considere o desenvolvimento destes dispositivos ao longo do tempo, mas também sobre a relação entre este e os contextos, práticas e demandas artísticas, políticas e sócio-culturais que por um lado favoreceram o surgimento de novas técnicas e, por outro, foram modificados por elas.

2. A questão da técnica e Gilbert Simondon

No campo da filosofia e das ciências humanas, a investigação sistemática acerca das técnicas, tecnologias, máquinas, aparelhos, dispositivos e objetos técnicos – para citar apenas alguns dos conceitos que remetem às questões que tangem a *técnica* – se estabelece, de fato, apenas no século XX. Se mesmo Leibniz apresenta indagações relacionadas a este conjunto de temas ainda no século XVII¹, é apenas na primeira metade do século passado que surge um cenário que faz com que tais questões tornem-se persistentes enquanto objeto de estudo humanístico. Com o texto seminal de Martin Heidegger, com reflexões esparsas de pensadores ligados à Escola de Frankfurt como Walter Benjamin e Theodor Adorno, com a antropologia da técnica de André Leroi-Gourhan, a história das técnicas de Bertrand Gille, as investigações de Gilbert Simondon, contribuições da filosofia pós-estruturalista – em especial a ampliação do conceito de *dispositivo* e as reflexões de Bernard Stiegler – e outras contribuições, o tema de fato ganha perenidade nas reflexões humanísticas e filosóficas².

Dentre as visões a respeito das técnicas é de especial interesse o trabalho de Gilbert Simondon, filósofo notável por seus trabalhos sobre a individuação, sobre a questão da técnica no mundo moderno e de grande influência para pensadores como Gilles Deleuze e Bernard Stiegler. Na sua tese complementar de doutorado, *Du mode d'existence des objets techniques* (1958), Simondon demonstra um conhecimento aprofundado de objetos técnicos como motores, o automóvel, o audiômetro e mesmo elementos mais específicos como as válvulas termiônicas, a heterodinação e o oscilador de relaxação³ e procura compreender a evolução das invenções mais características de finais do século XIX à primeira metade do século XX de maneira a superar o que ele via como uma tendência de alienação decorrente da separação entre técnica e cultura.

A oposição delineada entre a cultura e a técnica, entre o homem e a máquina é falsa e sem fundamento; ela não recobre nada além de ignorância e ressentimento. Ela mascara, atrás de um humanismo fácil, uma realidade rica de esforços humanos e de forças naturais e que constitui o mundo dos objetos técnicos, mediadores entre a natureza e o homem.

A cultura se comporta com relação ao objeto técnico da mesma maneira que o homem com o estrangeiro, quando ele se deixa levar pela xenofobia primitiva. O misoneísmo direcionado contra as

máquinas não representa tanto um ódio ao novo mas uma recusa de uma realidade estrangeira. Ora, esse ser estranho é ainda humano, e uma cultura completa é aquela que permita descobrir que o estranho é ainda humano. Da mesma maneira, a máquina é o estranho; é o estranho no qual está aprisionado o homem, ignorada, materializada, escravizada, mas que ainda assim é remanescente do homem. A mais forte causa de alienação no mundo contemporâneo reside nessa incompreensão da máquina, alienação que não é causada pela máquina, mas pelo desconhecimento de sua natureza e de sua essência, por sua ausência no mundo das significações, e por sua omissão na tábua de valores e de conceitos que são parte integrante da cultura. (SIMONDON, 1989: 10-11)

Ao mesmo tempo, Simondon está atento às particularidades dos objetos técnicos, ressaltando que a cibernética de Norbert Wiener, embora tenha tido o "mérito incalculável de ser o primeiro estudo indutivo de objetos técnicos e de ser um estudo do meio termo entre ciências especializadas", acabou por colocar em risco o seu potencial inter-científico ao assumir como "postulado básico que os seres vivos e os objetos técnicos auto-regulados são idênticos".⁴ Apesar de sugerir a comparação entre o elemento técnico e o órgão do ser vivo e defender a inclusão da técnica na cultura, Simondon ressalta as diferenças entre o ser técnico e o biológico, em que órgãos diferentes não podem ser combinados arbitrariamente.⁵

Se com Wiener, portanto, nasce a *cibernética* – ciência que, independentemente das múltiplas definições depende fortemente de uma equivalência ou, no melhor dos casos, de uma analogia entre seres vivos e máquinas –, Simondon procura estabelecer as bases da *mecanologia*⁶, ciência que procuraria restituir à cultura e às ciências humanas o conhecimento da técnica ao estudar os indivíduos técnicos em diálogo com a *tecnologia*, voltada ao estudo dos elementos técnicos, que são assim categorizados:

Os objetos técnicos infra-individuais podem ser nomeados elementos técnicos; eles se distinguem de verdadeiros indivíduos no sentido que eles não possuem um meio associado; uma lâmpada a catodo quente é um elemento técnico mais que um indivíduo técnico completo; pode-se a comparar com um órgão em um corpo vivo. Seria, nesse sentido, possível definir uma organologia geral, estudando os objetos técnicos no nível do elemento, o que faria parte da tecnologia, com a mecanologia, que estudaria os indivíduos técnicos completos. (SIMONDON, 1989: 65)

Evidentemente, especular sobre a possibilidade de eventuais contribuições da mecanologia de Simondon para a sonologia não se resume em aplicar de maneira pré-estabelecida e acrítica conceitos e ideias do filósofo. Caracterizações dos objetos técnicos como *objeto técnico abstrato* e *objeto técnico concreto*, por exemplo, embora aplicáveis a

máquinas e objetos técnicos voltados à produção/manipulação sonora, parecem de utilidade limitada à compreensão específica das múltiplas interações entre tais objetos e as práticas sonoras e musicais realizadas com eles.

De toda maneira, em um estágio preliminar em que se considera a possibilidade de um entrecruzamento entre o pensamento de Simondon e a sonologia – momento dessa comunicação de pesquisa –, é importante considerar como os objetos e elementos técnicos de produção e manipulação sonora se constituíram, procurando assim reverberações dessa evolução nas práticas musicais dos séculos XX e XXI. Dado que tantas as técnicas e as práticas sonoras/musicais do período em questão são muito variadas, este trabalho elegeu, como recorte específico, a consideração da técnica conhecida como *heterodinação*, *modulação de amplitude* ou *modulação em anel*, essencial no funcionamento de certos instrumentos eletroacústicos e recorrentemente empregada em diferentes práticas sonoras/musicais mediadas eletronicamente do pós-guerra.

3. Modulação em anel, gênese técnica

A técnica conhecida como *modulação em anel* é fruto de elementos e objetos técnicos que começaram a ser desenvolvidos ainda no século XIX, entre os quais podemos destacar a lâmpada incandescente, o díodo, o tríodo, inventos voltados às telecomunicações (*telégrafo, telefone, rádio*) e as linhas de transmissão. Muitos desses objetos não foram desenvolvidos com vistas a uma aplicação na manipulação do áudio, mas foram fundamentais para que a técnica em questão surgisse e viesse a ser aplicada para esse fim.

Originalmente, a técnica foi utilizada como recurso para deslocar um sinal para diferentes bandas de frequência, permitindo utilizar uma única linha de transmissão ou região do espectro eletromagnético para transmitir múltiplos canais de comunicação.

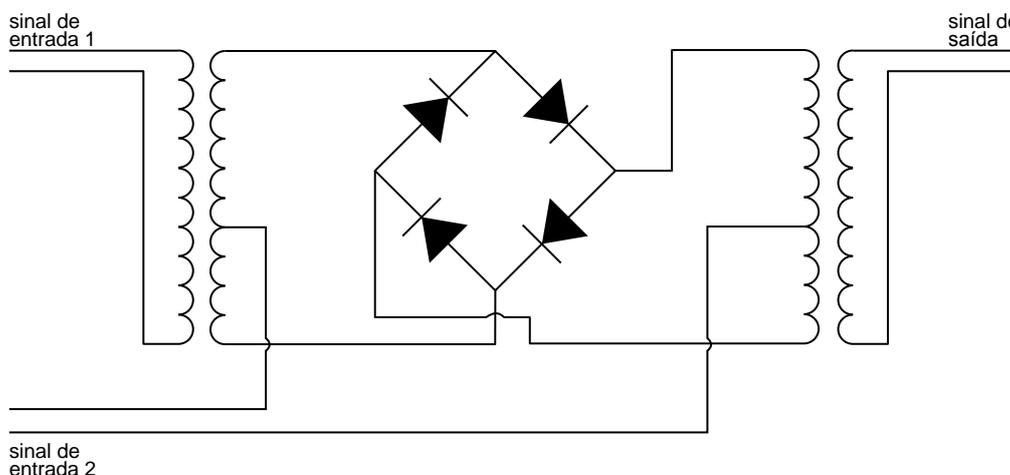


Figura 1 - Circuito com diodos (►) em anel que permite realizar eletronicamente a modulação de amplitude (ou "mixagem de frequências") que dá nome à técnica da *modulação em anel*.

Brevemente, na *heterodinação* um sinal periódico com frequência f_1 é multiplicado a outro com frequência f_2 (i.e., um sinal modula a amplitude do outro). O sinal resultante possui a soma e a diferença das frequências originais $(|f_2 - f_1| + |f_2 + f_1|)^7$.

Uma recapitulação da evolução dessa técnica pode ser traçada a partir de Edison, que ao procurar solucionar o problema de filamentos de sua lâmpada incandescente que se rompiam e do escurecimento da cápsula de vidro decorrente da queima do filamento, acaba por descobrir a válvula díodo. Ao inserir na cápsula da lâmpada uma placa de metal, Edison percebeu que se esse metal estivesse carregado positivamente em relação ao filamento, a corrente elétrica passava do filamento ao metal inerte, mas que se a polaridade da fonte de corrente direta fosse invertida, o mesmo não ocorria.

Trabalhando para aumentar a eficiência de um detector de rádio utilizado por Marconi para tentar realizar as primeiras transmissões radio-telegráficas entre a Europa e a América do Norte, Flemming encontra uma aplicação para o díodo em 1904, como mecanismo de retificação dos sinais recebidos – o que, na prática, aumentava a audibilidade, em um fone de ouvido das variações, do sinal eletromagnético captado pela antena. Em 1906, o díodo de Flemming é modificado por De Forest que insere entre o filamento incandescente (cátodo) e a placa inerte (ânodo) uma grade de controle, percebendo que pequenas variações de corrente nessa grade causavam respostas mais sensíveis na corrente que passava do filamento à placa (DE FOREST, 1908). De Forest nomeou seu invento como *Audion*, já que ele provavelmente acreditava que eram os íons no gás inserido na válvula que possibilitavam a passagem de corrente – enquanto, na verdade, em comparação a uma válvula a vácuo, o gás apenas diminuía o ganho máximo, além de atribuir ao sistema características não lineares (OKAMURA, 1994, pp. 17-20.). Apenas na década seguinte seria descoberta, de fato, a aplicação fundamental do invento do *Audion*: a amplificação eletrônica, o que seria fundamental para o desenvolvimento de vários objetos técnicos característicos do século XX.

Em 1915, tanto Campbell quanto Karl Willy Wagner, na Alemanha, chegariam à concepção de filtro eletrônico ao procurar modelar características de atenuação de determinadas frequências em linhas de transmissão com circuitos RLC⁸. Na sua patente, Campbell demonstrava como uma série de resistores, indutores e capacitores poderiam ser arrançados de maneira a determinar a impedância de determinadas seções de um circuito e, com isso, filtrar frequências específicas (CAMPBELL, 1917).

A primeira implementação da modulação em anel surge em 1901, quando Reginald Fessenden inventou uma técnica denominada heterodinação (*heterodyning*). Aplicada na radiotelegrafia durante a década de 1910, tal técnica foi adaptada em 1918 ao

receptor de rádio super-heteródino criado por Edwin Armstrong quando ele servia o exército americano na França, durante a Primeira Guerra Mundial. Através dessa técnica – que guarda semelhanças com o batimento na música – tornava-se possível deslocar um sinal de áudio em diferentes bandas do espectro utilizado nas telecomunicações.

4. Reverberações da técnica

No final da década de 1920, Leon Theremin começa a desenvolver um instrumento que reuniria os elementos técnicos anteriormente vistos em uma interface inovadora. O Theremin, primeiro instrumento a ser tocado sem o "toque" efetivo das mãos, funciona a partir de osciladores variáveis construídos a partir de circuitos ressonantes, baseados na ligação em série de um capacitor e um indutor. Em um tal circuito, a frequência f em Hz é obtida a partir da fórmula: $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, onde L é a indutância e C é a capacitância.

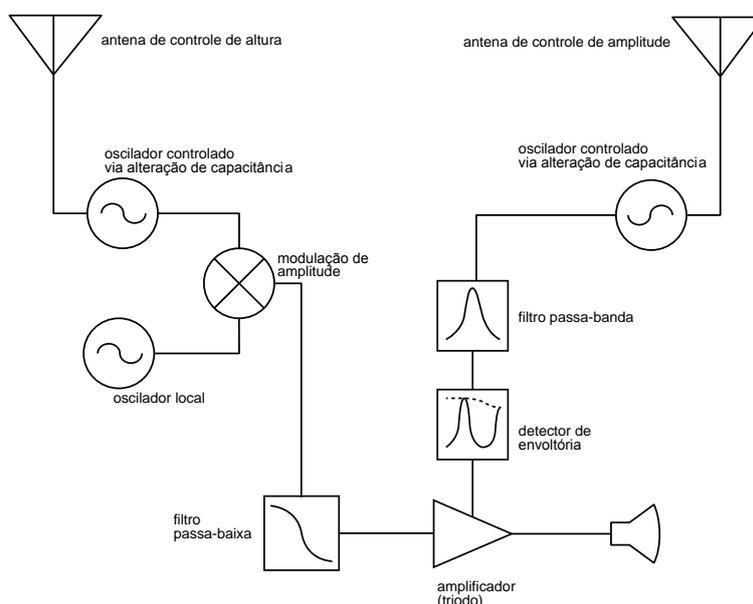


Figura 2 - Diagrama do mecanismo eletrônico de um Theremin.

Ao chegar próximo da antena do instrumento, o corpo do instrumentista causa uma pequena variação de capacitância no circuito, isto é, seu corpo e a antena se comportam como as duas placas de um capacitor e, dependendo do formato e da distância da mão do instrumentista, ocorre uma pequena alteração do valor de C e, portanto, de f . O sinal deste circuito ressonante é composto por uma frequência supersônica que modula uma outra frequência também supersônica de valor fixo. A modulação gera, por *heterodinação*, um sinal resultante com as frequências diferenciais correspondentes à soma e à diferença das frequências originais, sinal que, após filtrado de maneira a preservar apenas as frequências audíveis, tem sua amplitude controlada por um circuito similar ligado a uma segunda antena⁹.

Outros instrumentos iriam utilizar os elementos técnicos citados como base de seu mecanismo de produção ou processamento sonoro. É o caso do *Trautonium* de Friedrich Trautwein, o primeiro a utilizar um banco de filtros para moldar sons por síntese subtrativa e do *Novachord*, de Laurens Hammond, o primeiro sintetizador polifônico que, além de operar por síntese subtrativa, apresentava recursos como controle de envoltórias, vibrato e *chorus*.

O que é notável, especificamente no que se refere à *modulação em anel*, é que a partir das práticas da *elektronische Musik*, da utilização de sintetizadores modulares, e do amadurecimento do design sonoro no cinema, as técnicas originalmente desenvolvidas prioritariamente em torno das pesquisas em telecomunicações e mais tarde aplicadas na luteria de instrumentos eletroacústicos como o Theremin, seriam empregadas de maneira mais autônoma na criação musical. O processo da *modulação em anel* deixaria assim de ser apenas uma estratégia útil no funcionamento de certos instrumentos – como o rádio e o *Theremin* – e passaria a ser uma técnica de processamento/síntese de som com expressão e "timbre" próprios, empregada por compositores como Karlheinz Stockhausen – *Gesang der Junlinge*, de 1955-56 (BRÜMMER, 2008, p. 13) e *Telemusik*, de 1966 (EMMERSON, 2007, p. 56).

Evidentemente, as sonoridades desses instrumentos e técnicas logo alcançariam uma utilização mais diversificada. É o que ocorre no seu emprego para gerar os sons de máquinas em *O Planeta Proibido* (1956) e para gerar o som robótico dos Daleks, na série *Doctor Who* (1963) – mesmo ano em que que Oskar Sala utilizaria o *Mixtur-trautonium* para gerar os sons de aves em *Os pássaros* (1963). Da mesma maneira, a modulação em anel ganharia popularidade na sua aplicação em vocais, guitarras ou baixos elétricos em músicas de bandas como Devo, Black Sabbath, Deep Purple, Kraftwerk e Pink Floyd (MCNAMEE, 2009), sendo ainda utilizada em contextos mais específicos, como no mascaramento do timbre da voz de testemunhas em entrevistas e depoimentos televisionados, por exemplo.



Figura 3 - Dalek da série *Doctor Who* (1963), cuja voz era realizada através do processamento por um modulador em anel.

The image shows a page of handwritten musical notation for the piece 'Partiels'. The score is written on multiple staves, including strings (R, C₁, C₂, Cl. C₁, Cl. C₂, Trbn, Fagote) and woodwinds (Vc. 1, Vc. 2, Vr. 1, Vr. 2, Vc., Cb.). The notation is dense, featuring many dynamic markings such as *pp*, *ff*, *f*, and *sfz*. There are also performance instructions in French, such as 'pour les cordes', 'avec son fendu', and 'abandonner le soufflé'. A large bracket on the left side of the page groups the string parts, with the number '10' and '(6+4)' written above it. At the top left, there is a box containing the number '2' and '60 = 1', with '4' written below it. The page number '12' is visible in the bottom right corner.

Figura 4 - Início da segunda seção de *Partiels* em que a escritura das cordas graves e multifônicos (*son fendu*) de clarinetes/clarinete contrabaixo utiliza como modelo a modulação em anel, lembrando o timbre de uma guitarra elétrica.

A partir da década de 1970, a modulação em anel passaria a ser utilizada, ainda, como modelo para procedimentos composicionais na música instrumental. Em peças como *13*

couleurs du soleil couchant, de Tristan Murail, e *Partiels*, de Gérard Grisey, a modulação é um modelo para gerar acordes e agregados sonoros a partir de alturas pré-determinadas, sendo aplicada na síntese instrumental e como estratégia de estruturação harmônica¹⁰.

5. Mecanologia/Sonologia: possibilidades de interação

Ao examinar o percurso geral do desenvolvimento das técnicas que resultaram na *modulação em anel*, seria possível realizar um estudo mais pormenorizado no campo da mecanologia. Seria possível, por exemplo, averiguar de maneira detalhada como determinados elementos técnicos foram criados ou combinados ao longo do tempo resultando em objetos técnicos diversos como o *rádio superheteródino*, o *Theremin*, os diversos aparelhos de estúdio – dos módulos geradores, passando por sintetizadores modulares (*Moog*) até os sintetizadores digitais – e a computação musical, em que a técnica é implementada de tal maneira que sua mecânica não mais ocorre no nível do *hardware*, mas do *software*.

Ao mesmo tempo, seria possível realizar um estudo pormenorizado apenas no campo da cultura: traçar historicamente, também em detalhes, os usos diversos da modulação em anel, remontando, quem sabe, até antes das primeiras experiências fonográficas no século XIX e chegando a práticas locais e específicas de diferentes meios ou grupos de pessoas.

No entanto, se a ideia de uma mecanologia – tal como concebida por Simondon – é aquela de restituir a técnica à cultura (o que explica o fato de vários conceitos e métodos da mecanologia são manifestadamente inspirados na etnologia e na história), seria interessante traçar, no campo interdisciplinar da sonologia, as características conjuntas de transformação que esses objetos, seus modos de uso e sua repercussão sócio-cultural vieram a sofrer. Em outras palavras, realizar uma investigação que, efetivamente, seja capaz de ultrapassar uma clara delimitação entre estudos das tecnologias e das práticas sonoras que as utilizam.

Se tal trabalho ainda se encontra por realizar, seja para a *modulação em anel* como para outras técnicas e práticas sonoras/musicais, ele parece inevitável à maturação de um campo de estudos interdisciplinar que procure compreender de maneira menos compartimentada as técnicas e práticas sonoras/musicais da atualidade, sendo de utilidade não somente ao desenvolvimento de novas abordagens de pesquisa no campo da sonologia, repercutindo conceitualmente e metodologicamente na própria mecanologia.

Referências:

CAMPBELL, George. *Electric Wave-Filter*. US Pat. 1227113, 22 mai. 1917. 11 p.

CATANZARO, Tatiana. *Transformações na linguagem musical contemporânea instrumental e vocal sob a influência da música eletroacústica entre as décadas de 1950-70*. São Paulo: 2003, 308 p. Dissertação de Mestrado em musicologia pela ECA/USP.

XXIII Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música – Natal – 2013

BRÜMMER, Ludger. "Stockhausen on Electronics, 2004" in: *Computer Music Journal*, v. 32/4, Winter 2008. pp. 10-16.

DE FOREST, Lee. *Space Telegraphy*. US Pat. 879532, 18 fev. 1908. 3 p.

EMMERSON, Simon. *Living electronic music*. Aldershot, Hants, England ; Burlington, VT: Ashgate, 2007.

MCNAMEE, David. Hey, what's that sound: Ring modulators. *The Guardian*, 9 nov. 2009. Disponível em: <<http://www.guardian.co.uk/music/2009/nov/09/ring-modulators>>. Acesso: 24 mar. 2013.

MURAIL, Tristan. "A revolução dos sons complexos" in: *Cadernos de Estudo: Análise Musical* v. 5. Tradução: MANNIS, José A. 1992. pp 55-72.

OKAMURA, Sogo. *History of electron tubes*. Tokyo : Amsterdam ; Washington, D.C: Ohmsha ; IOS Press, 1994.

SIMONDON, Gilbert. *Du mode d'existence des objets techniques*. Paris: Aubier, 1989.

STERNE, JONATHAN *et al.* *The sound studies reader*. New York: Routledge, 2012.

Notas:

¹ Leibniz antecipa, na *Monadologie*, reflexões da Inteligência Artificial ao imaginar uma máquina capaz de "perceber" como um imenso moinho, no qual, segundo o filósofo, não seria possível detectar nenhuma peça ou mecanismo físico que explicasse mecanicamente a própria percepção.

² Nos referimos, mais especificamente, aos textos *Die frage nach der Technik*, de Martin Heidegger; *Musik und Technik* de Adorno; *Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit*, de Benjamin; *L'Homme et la matière* e *Milieu et techniques*, de Leroi-Gourhan; *Histoire des Techniques*, de Bertrand Gille; *Dits et écrits*, de Michel Foucault; *O que é um dispositivo?*, de Giorgio Agamben (e o texto homônimo de Gilles Deleuze); e dos três volumes de *La technique et le temps*, de Bernard Stiegler.

³ Simondon utiliza o oscilador de relaxação e sua forma de onda resultante, dente-de-serra, como metáfora para explicar a evolução recíproca entre elementos, objetos/indivíduos e conjuntos técnicos ao longo de sua evolução, argumentando que o aperfeiçoamento de elementos repercute nos indivíduos e nos conjuntos. Cf. SIMONDON, 1989, p.66.

⁴ *ibidem*, p.48-49.

⁵ " No domínio da vida, o órgão não é destacável da espécie; no domínio técnico, o elemento, precisamente porque ele é fabricado, é destacável do conjunto que o produziu; aí está a diferença entre o *engendrado* e o *produzido*." (SIMONDON, 1989, p.66)

⁶ O termo mecanologia é tomado, por Simondon, de Jacques Lafitte, que ainda distinguia outro dois estágios no estudo das máquinas: "a arte de construir e fazerem funcionar as máquinas" e a *mecanografia*. (SIMONDON, 1989, p.198)

⁷ Geralmente se utiliza o nome *heterodinação* para se denominar a utilização dessa técnica para deslocar a frequência de um sinal para bandas supersônicas, normalmente se utiliza o nome *modulação em anel* para a técnica de processamento/síntese de som em que as frequências resultantes encontram-se dentro da faixa audível.

⁸ Circuitos RLC são formados por resistores, indutores e capacitores.

⁹ Uma segunda antena utiliza um oscilador semelhante de maneira a permitir o controle da amplitude a partir da utilização de um circuito que realiza uma filtragem passa-banda bastante estreita e da utilização de um detector de envoltória que permite utilizar a saída deste circuito para controlar o volume do primeiro circuito.

¹⁰ Cf. MURAIL, 1992 e CATANZARO, 2003, p.174.