

# CongAR: Um protótipo de instrumento musical digital ubíquo baseado em congas percussivas

Joelden Lopes<sup>1</sup>, Lucas Zampar<sup>1</sup>, Josemar Gama<sup>1</sup>, Cláudio Gomes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de COmputação mUsical e Tecnologias Emergentes (COUT-e)  
Ciência da Computação – Departamento de Ciências Exatas e Tecnologias  
Universidade Federal do Amapá (UNIFAP)  
Caixa Postal 261 – 68.906-970 – Macapá – AP – Brazil

{joelden.ap, lucas.26.zampar, josemargama7}@gmail.com

claudiorogerio@unifap.br

**Abstract.** *In recent years, it is possible to observe the proliferation of new digital musical instruments (DMI) with different performances and purposes through low-cost technologies through digital signal processing, intensifying the search for solutions, models and actions for the presentation of electronic music. Thus, the possibility of establishing the practice of compositions and instrumentation with combinations of sound synthesis interfaces, gestures and other sensors with possible incorporation into computers. This work presents a new version of the prototype of a digital musical instrument for percussion in congas called CongAr. The CongAr uses two distance sensors representing the congas and an arduino prototype, that is, at each distance captured by the sensor it becomes a musical drum beat. For this, CongAr has an information capture manager for the multiple arduino. CongAr is a distributed performative model, which allows actions between several participants being able to play together allowing the transmission of information in serial mode (connected to the manager), local or global communication network in sound or MIDI form. In this version, CongAr features visual improvements in sensor handling and accuracy. Tests were carried out with Musicians and non-musicians from a qualitative questionnaire presenting satisfactory results of usability, gestural awareness and visual communication.*

**Resumo.** *Em recentes anos, é possível observar a proliferação de novos instrumentos musicais digitais (IMD) com diferentes desempenhos e finalidades por meio de tecnologias de baixo custo por meio de processamento digital de sinais, intensificando a busca por soluções, modelos e ações para a apresentação de música eletrônica. Assim, permitiu-se a possibilidade em estabelecer a prática de composições e instrumentações com combinações de interfaces de síntese sonora, gestuais e demais sensores com possível incorporação aos computadores. Este trabalho apresenta uma nova versão do protótipo de instrumento musical digital para percussão em congas intitulado de CongAr. O CongAr utiliza dois sensores de distância representando as congas e um protótipo de arduino, ou seja, a cada distância captada pelo sensor transforma-se em um golpe musical de tambor. Para isso, o CongAr possui um gerenciador de captura de informações para gerar os referidos conteúdos. O CongAr é um modelo distribuído performático, que permite ações entre vários participantes podendo*

*tocar em conjunto permitindo a transmissão de informações em modo serial (conectado ao gerenciador), rede de comunicação local ou global em forma sonora ou MIDI. Nesta versão, o CongAr apresenta melhorias visuais de manuseio do protótipo e de precisão dos sensores utilizados. Realizou-se testes com músicos e não-músicos a partir de um questionário qualitativo apresentando satisfatório resultados de usabilidade, consciência gestual e comunicação visual.*

## **1. Introdução**

Em recentes anos, é possível observar a proliferação de novos instrumentos musicais digitais (IMD) com diferentes desempenhos e finalidades. Com esse avanço, há várias soluções que auxiliam o músico em suas composições ou ações artísticas [Tahiroğlu et al. 2020, McMillan 2022].

Dependendo do discurso musical, o músico pode utilizar de várias ferramentas: instrumentos (violão, saxofone, trompete, flauta, etc.); instrumentos digitais (teclados sintetizadores, percussão, bateria digital etc.). Dessa forma, o processo de criativo continua em evoluções permitindo maior clareza e afinidade do músico à tecnologia [Frid 2018].

Inseridos no cotidiano da sociedade atual, há ainda a ubiquidade musical que a partir de pequenos dispositivos como os microcontroladores e sensores, possuem poder computacional para síntese sonora, mobilidade, conectividade com outros dispositivos e com custo acessível. Além disso, as inúmeras ferramentas computacionais de processamento em tempo real existentes facilitou o desenvolvimento de aplicações personalizadas e não-comerciais com o de uso o desenvolvimento de protótipos com linguagem aberta como Arduino, Raspiberry Pi, Orange Pi etc. [Monk 2019, Shinners 2011]. Assim, permitiu-se a possibilidade de práticas de composições e desenvolvimento de instrumentos por meio de tecnologias, intensificando ainda mais a busca por soluções, modelos e ações para apresentações de artísticas ou musicais [Sullivan and Wanderley 2018].

Este trabalho apresenta um protótipo de instrumento musical digital para percussão em congas intitulado de CongAr. O CongAr utiliza dois sensores de distância representando as congas e um protótipo de arduino. Cada sensor de distância é responsável por emular a funcionalidade de um tambor de conga. Assim, a cada distância captada pelo sensor transforma-se em um golpe musical que pode gerar informações sonora e MIDI. A comunicação do CongAr pode ser em modo serial, conectividade sem fio em rede local ou através de internet.

O artigo está organizado na seguinte forma. A seção 2 apresenta discussões de trabalhos relacionados. Na seção 3, apresenta-se o protótipo CongAr. A seção 4 apresenta os resultados obtidos e por fim a seção 5, comenta-se as conclusões e trabalhos futuros.

## **2. Trabalhos Relacionados**

Ferreira e Schiavoni (2018) [Rocha et al. ] implementaram um instrumento digital cujas interfaces de entrada são um controle de videogame dual analógico ou uma câmera de vídeo. Apesar do emprego de tais dispositivos com essa finalidade não ser inédita, eles são encontrados facilmente a um baixo custo. Ainda que disponha de muitos botões, o controle guarda a desvantagem de não possuir sensores de pressão neles que poderiam relacionar com o atributo de velocidade ou intensidade das notas. Já a câmera pode levar a um alto processamento, dado o emprego de algoritmos de visão computacional, o

que pode comprometer a experiência de fluidez. Como sintetizador, empregaram uma solução já existente compatível com o protocolo MIDI, porém tal escolha pode restringir a liberdade na exploração de parâmetros de síntese.

Em relação ao mapeamento, focaram no processo criativo que despertasse o interesse e satisfação do usuário ao tocar. Nesse contexto, realizaram três mapeamentos para o controle permitindo diferentes níveis de interação musical com seus respectivos níveis de dificuldade. Já para a câmera, optaram por dois mapeamentos. Diante disso, conclui-se que é possível explorar dispositivos ubíquos, como controles e câmeras, com o intuito de servirem como interfaces de entrada para o desenvolvimento de IMD, permitindo diferentes interações do usuário por meio da escolha do mapeamento adequado.

O *TorqueTuner* é um módulo de mapeamento mecânico para IMD [Kirkegaard et al. 2020]. *TorqueTuner* tem o objetivo de simular a sensibilidade tátil associado com botões rotativos. Permite o mapeamento de sensores com parâmetros táteis e ajustes dinâmicos conforme a força de ação empregada pelo participante em tempo real. O controle angular de ações dos participantes é estimado a partir de sensor magnético que inclui a derivada primeira e segunda ordem para calcular velocidade e aceleração. Utilizaram um sistema com o microcontrolador ESP32, e célula de bateria *LiPo*. Realizaram implementações ao *T-Stick* em programação no ambiente programacional do *SuperCollider*. Apesar do *TorqueTuner* apresenta-se como um módulo robusto. Abre grandes discussões sobre variações de criatividade artísticas e ainda não permite a interatividade entre participantes.

O trabalho de Turchet e Barthelet desenvolveram uma guitarra eletrônica sensorizada para interatividade com tecnologia de conectividade na nuvem e sem fio local [Turchet and Barthelet 2019]. Desse modo, a guitarra pode ser interagida com os aplicativos dedicados com diversas funções de interações. Apesar de suas ações apresentarem características inclusivas, têm efeitos únicos e diferentes, ou seja, é necessário definir os instrumentos que fazem parte das ações em conjunto.

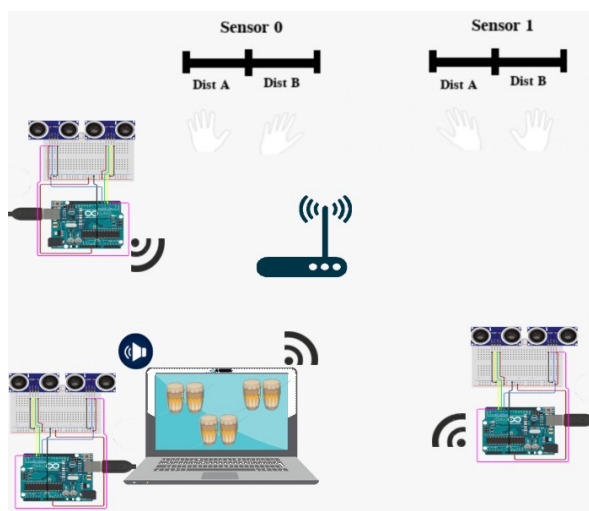
### **3. CongAr**

O CongAr é um protótipo de um instrumento musical digital (IMD) baseado em tecnologia da Internet das Coisas Musicais (IoMusT) [Turchet et al. 2020, Fasciani and Goode 2021]. As subseções a seguir apresentam as funcionalidades e características do protótipo CongAr. A subseção 3.1, descreve as funcionalidades do protótipo e a subseção 3.2 apresenta características do ambiente visual.

#### **3.1. Funcionalidades de comunicação e informação**

O CongAr funciona no modelo de comunicação cliente-servidor, conforme a figura 1. O cliente é composto por dois sensores de distância US-100 conectados em um arduino no modelo ESP8266, ou seja, cada instrumento de congas é baseado em um arduino. Assim, o arduino capta os dados de distâncias dos sensores e transmite para o servidor.

O servidor é responsável em mapear os dados recebidos de cada cliente transformando-as em informações sonoras ou MIDI. O servidor emula um instrumento para cada arduino em comunicação com o servidor. O servidor oferece opções para o gerenciamento de timbres de congas para cada cliente, portanto, cada arduino possui identificação única e automática.



**Figura 1. Visão geral das funcionalidades do CongAr**

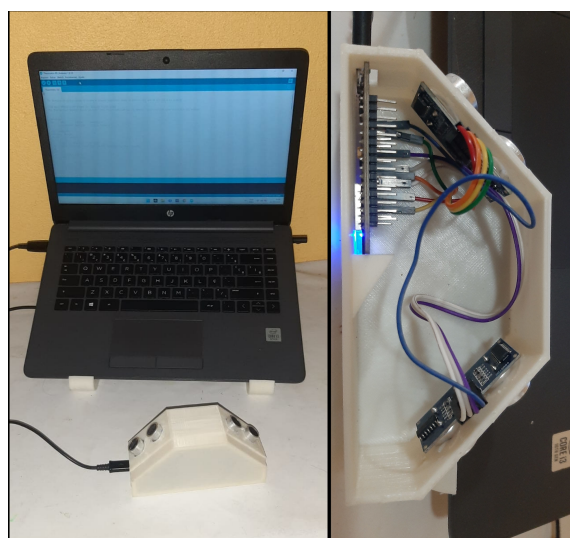
O CongAr cliente utiliza dois sensores US-100 em cada arduino simulando a conga aguda e grave. Os sensores são independentes, ou seja, o sensoriamento das distâncias não possuem correlação ou ainda dependência para a geração de diferentes opções musicais. Dessa forma, mapeou-se as tonalidades abertas e fechadas para cada sensor, ou seja, o *sensor 0* pode gerar informações de conga aguda com tonalidade aberta ou fechada e o *sensor 1*, conga grave com tonalidade aberta e fechada. O sensor captando dados de distância dentro da área A, indica a tonalidade fechada e, dentro da área B, a tonalidade aberta. Assim, pode-se gerar as informações de conga: aguda-fechada (sensor 0 - dist A), aguda-aberta (sensor 0 - dist B), grave-fechada (sensor 1 - dist A) e grave-aberta (sensor 1 - dist B).

O servidor e o cliente CongAr podem estar conectados via comunicação serial, em uma mesma rede local sem fio, ou ainda na utilização da opção de conexão por Internet, o servidor obviamente deverá ter conexão com a internet, assim como o cliente. Para a opção de conexão por Internet, tanto o servidor quanto o cliente não necessitam de restrições de localidade. Para a opção de conexão via internet, utilizou-se o protocolo *MQTT* analisando-se os critérios de QoS de jitter e delay obtendo bons resultados para prioridades de comunicação alta e média [Light 2017].

### 3.2. Ambiente visual

Além de captar dados de distâncias de cada arduino e transmitir informações sonoras e MIDI, o servidor gerencia o ambiente visual, conforme a ilustração na figura 1 para três participantes simultaneamente. O ambiente visual é responsável em representar movimentações gestuais de conga transformando-as em informações sonoras e MIDI. Os gestos podem ser captados por qualquer parte do corpo ou objetos que funcionem como barreira sensorial para o modelo US-100. Assim, é possível visualizar os golpes musicais por cada participante.

O ambiente visual foi desenvolvido pela biblioteca Pygame [Shinners 2011] para a geração de informação sonora e MIDI. Desse modo, para cada participante é emulado um novo instrumento que transmite informações MIDI em tempo real para qualquer programa



**Figura 2. Protótipo CongAr**

de produção musical como Linux MultiMedia Sound (LMMS)<sup>1</sup> , Ardour<sup>2</sup> etc.

Para a informação sonora, utilizou-se a base de dados de timbres gratuitos do ZynAddSubFx<sup>3</sup> com os sons de conga-grave e conga-aguda, com os golpes musicais aberto e fechado. Em relação à informação digital MIDI, utilizou-se as numerações 69, 70, 71 e 72 para a identificação dos golpes musicais de *grave-aberto*, *grave-fechado*, *agudo-aberto* e *agudo-fechado*, respectivamente.

### **3.3. Usabilidade**

O participante pode interagir com o CongAr cliente dispondo-o em uma mesa, no solo ou em um ambiente livre de objetos que interfiram na captação de distâncias. A figura 2 apresenta a versão atualizada do CongAr. Devido as condições dos sensores, a distância ideal de cada participante para o CongAr cliente é de aproximadamente 30 cm. Conforme a figura 1, mapeou-se a área A, de 10 cm até 40 cm para captar ações de congas graves. A área B ficou mapeada para apartir de 45 cm em até 80 cm.

Percebeu-se distorções de dados de distâncias captados acima de 120 cm. Dessa forma, pode-se adicionar variações de golpes musicais sem ter perda de qualidade de captação de dados de distância. Assim como, pode-se, futuramente, modificar as sonoridades abertas e fechadas para demais variações de golpes musicais necessárias para cada participante.

## **4. Resultados**

Realizou-se a avaliação sobre o quesito de criatividade do protótipo CongAr a partir de entrevistas com voluntários divididos entre 10 músicos e 10 não-músicos. Considerou-se músicos, participantes com algum conhecimento ou contato com teoria ou instrumentos musical. Os participantes improvisaram o uso do CongAr por dois minutos sem alguma

---

<sup>1</sup>LMMS: <https://lmms.io/>

<sup>2</sup>Ardour: <https://ardour.org>

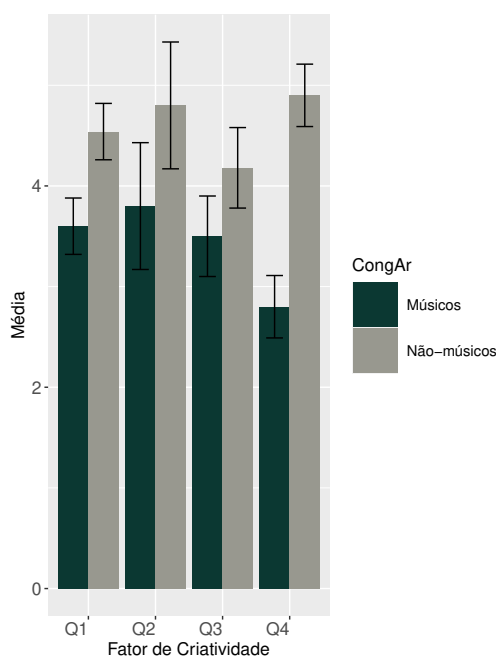
<sup>3</sup>ZynAddSubFx: <https://zynaddsubfx.sourceforge.io/>

informação inicial e responderam um questionário de 4 perguntas na escala Likert de 1 a 5, seguindo a ordem crescente de concordância. Originalidade do resultado, fácil colaboração, atenção do participante e fácil usabilidade, foram os fatores utilizados no questionário. Vale ressaltar que as perguntas são baseadas no modelo de caracterização de instrumentos digitais utilizadas [Tanaka et al. 2012].

A figura 3 apresenta os resultados em relação ao fator de criatividade com relação aos entrevistados comparados entre músicos e não-músicos para cada fator, considerando as informações de média e desvio padrão. De maneira geral, os resultados para não-músicos ficaram com maior índice de aceitação comparado com os músicos. Este resultado, inferi-se que os músicos necessitam explorar todas as possibilidades do protótipo CongAr, o que não aconteceu com não-músicos.

A maior e menor diferença de respostas médias entre músicos e não-músicos foi a usabilidade e atenção do participante, respectivamente. Analisando apenas os entrevistados considerados não-músicos, o fator de avaliação atenção do participante e usabilidade obtiveram a menor e maior média com valores de 4.19 e 4.89, respectivamente. Com a pequena variação dos resultados, percebe-se que os não-músicos conseguiram gerenciar o CongAr e assim, desenvolver de alguma forma intuitiva habilidades musicais.

Para os músicos entrevistados, o fator de fácil manuseio apresentou a maior média com valor de 3.93 e, o fator de usabilidade, a menor média em 2.81. Dessa forma, percebe-se que músicos conseguiram bom manuseio do protótipo, realizando variações de novas possibilidades criativas, porém não tiveram bom êxito em novas opções ou descobertas independentes. Ao final, os músicos tiveram críticas construtivas com boas sugestões de aprimoramento do protótipo. Cada sugestão é totalmente aceitável, porém estaria diretamente relacionada para um determinado evento, dessa forma as sugestões ficam a necessidades ou o perfil de cada participante em adicioná-las.



**Figura 3. Resultados da análise por criatividade**

## 5. Conclusões e trabalhos futuros

Há inúmeras possibilidades de utilização deste protótipo, por exemplo, no auxílio em escolas musicais com o instrumento de percussão; geradores de arranjos musicais; banda de performance; e ainda, ultrapassar as barreiras locais enviando os dados do protocolo MIDI via rede 802.11 ou ethernet. Conclui-se que, o protótipo CongAr pode ser uma ferramenta com diversas possibilidades de utilização aplicadas em escolas, estúdios e performance musicais, todas pré-ajustadas conformes suas necessidades e objetivos de cada participante. Por questões de pandemia, não foi possível realizar testes com novos voluntários.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PROBIC) da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP).

## Referências

- Fasciani, S. and Goode, J. (2021). 20 nimes: Twenty years of new interfaces for musical expression. In *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. The International Conference on New Interfaces for Musical Expression.
- Frid, E. (2018). Accessible digital musical instruments—a survey of inclusive instruments. In *Proceedings of the International Computer Music Conference*, pages 53–59. International Computer Music Association.
- Kirkegaard, M., Bredholt, M., Frisson, C., and Wanderley, M. (2020). Torquetuner: A self contained module for designing rotary haptic force feedback for digital musical instruments. In *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, pages 273–278.
- Light, R. A. (2017). Mosquitto: server and client implementation of the mqtt protocol. *Journal of Open Source Software*, 2(13):265.
- McMillan, A. (2022). Nime consortium proposal: Developing a design framework for constructing an accessible musical instrument from an autoethnographic point of view. In *NIME 2022*. PubPub.
- Monk, S. (2019). *Movimento, luz e som com Arduino e Raspberry Pi*. Novatec Editora.
- Rocha, G. L., Maximiliano, A., Ferreira, J. P. M., and Schiavoni, F. L. Desenvolvimento de instrumentos musicais digitais a partir de dispositivos ubíquos.
- Shinners, P. (2011). Pygame. <http://pygame.org/>[Online]. Acesso em 22.07.2020.
- Sullivan, J. and Wanderley, M. (2018). *Stability, Reliability, Compatibility: Reviewing 40 Years of NIME Design*. PhD thesis, McGill University/Université McGill.
- Tahiroğlu, K., Magnusson, T., Parkinson, A., Garrelfs, I., and Tanaka, A. (2020). Digital musical instruments as probes: How computation changes the mode-of-being of musical instruments. *Organised Sound*, 25(1):64–74.
- Tanaka, A., Altavilla, A., and Spowage, N. (2012). Gestural musical affordances. *Sound and Music Computing*.

Turchet, L., Antoniazzi, F., Viola, F., Giunchiglia, F., and Fazekas, G. (2020). The internet of musical things ontology. *Journal of Web Semantics*, 60:100548.

Turchet, L. and Barthes, M. (2019). An ubiquitous smart guitar system for collaborative musical practice. *Journal of New Music Research*, 48(4):352–365.