

C³ – Cubos interativos

C³ – Interactive cubes

- Hugo A. D. do Nascimento
Instituto de Informática & Media Lab, UFG
hadn@inf.ufg.br
- Luma Wanderley de Oliveira
Instituto de Informática & Media Lab, UFG
lumawo@hotmail.com
- Carlos G. M. Hoelzel
Faculdade de Artes Visuais, UFG
carlos.gustavo.ufg@gmail.com
- Cleomar de Sousa Rocha
Faculdade de Artes Visuais & Media Lab, UFG
cleomarrocha@gmail.com
- Hugo Cabral Tannús
Inst. de Informática & Media Lab, UFG
lumawo@hotmail.com

Abstract

C³ is a set of three interactive cubes that accommodates complex computational models of behavior, considering the relationship between them and interaction with humans. Its development mobilized a multidisciplinary team that had to deal with topics such as autopoiesis, tangible interfaces, combinations of behavioral states, interactivity and technological art. The team worked on requirement identification, design of physical structures, design of hardware and software, and assembly and test of the final solution. The cubes were shown in an international exhibition, during which a preliminary evaluation was done. The experience in having a multidisciplinary and collaborative project is commented.

Keywords: Interactive Cubes, Behavioral States, Sound and Luminous Feedback

Introdução

As inter-relações entre arte e ciência são, desde há tempos, uma constante nas prospecções dessas áreas, como forma contínua de avanço do estado da arte da pesquisa. De artistas como Leonardo da Vinci, Paul Cézanne e Eduardo Kac a cientistas como Galileu Galilei, Isaac Newton e Albert Einstein, aspectos como observação e criatividade permeiam as áreas, promovendo encontros absolutamente produtivos.

Em contexto recente, a tecnologia se amalgama ao dueto de modo mais pontual, em encontros que resultam em criações de interfaces, modelos de simulação, visualização de dados e arte tecnológica, corroborando para a montagem de equipes colaborativas multidisciplinares, apontadas como inovadoras.

Do exercício destes grupos resulta produtos, processos e criações artísticas que povoam exposições, mostras, fábricas e o cotidiano das pessoas por todo o mundo. A economia criativa aponta para esta configuração de equipe, produtos e processos, perfazendo um vetor para o avanço das áreas. Foi neste contexto que esta pesquisa teve início, motivada por um convite para participação de uma exposição internacional em música visual. O problema enfrentado envolve a visualização de dados e a interação, por lado, a poética tecnológica em mídias interativas, por outro, e questões técnicas de comportamentos complexos de objetos, a partir principalmente de uso de sensores. A resposta pretendida era o desenvolvimento de objetos interativos, capazes de

responde aos usuários de modo autônomo, poético e sensível. Conceitos como interfaces cognitivas, atuadores, autopoieses, metadesign e comportamentos complexos formaram a base teórica da pesquisa, o que resultou na criação de três cubos interativos compondo uma interface tangível e multiusuário, a qual foi chamada C³. Os cubos podem ser levantados, rotacionados e movidos em uma sala por uma ou mais pessoas. Cada cubo detecta sua orientação (qual lado está para cima) e a proximidade dos outros cubos. Os cubos exercem relação dialógica entre si e com os interatores (usuários de artes interativa). Enquanto resposta, a transformação (Murray, 2003) percebida pelos interatores são variações de luzes e sons, emitidos pelos cubos. Textos e figuras impressas podem ser adicionados aos lados dos cubos de modo a ajudar na transmissão de algum conceito ou para complementar a interação poética.

A forma cúbica escolhida faz referência à regularidade formal geométrica. O hexaedro metaforiza a regularidade, enquanto a tridimensionalidade faz referência ao trio arte, ciência e tecnologia. O interator finaliza a relação poética instaurada, compondo o elemento humano que conduz o processo ao interagir com os cubos, sem contudo controlar todo o processo, já que ele realiza ações em parceria com o sistema, que pode até se mostrar aleatório, na medida em que o próprio lançar os dados (cubos) é uma prospecção.

Neste artigo são descritos o processo de criação e uma avaliação preliminar do C³. O texto está organizado

como segue: inicialmente apresenta os procedimentos metodológicos adotados e os principais critérios para o projeto do C³. Na sequência discute o projeto da estrutura física do C³, a parte eletrônica dos cubos e a sua lógica de programação. As possíveis aplicações do C³, com as diversas formas de configuração e de interações poéticas são então apresentadas. A seguir uma avaliação preliminar do C³, feita com uma configuração específica, criada para um evento internacional é apresentada. Por fim, conclui-se com os resultados alcançados pelo projeto tanto em termos de produto gerado quanto de colaboração multidisciplinar.

Procedimentos Metodológicos

De orientação dedutiva, do geral para o específico, no que tange ao modelo poético e técnico, o projeto adotou uma mescla de metodologias de design e de desenvolvimento, a partir das fases metodológicas de levantamento de requisitos técnicos e poéticos, de modelos de interação; análise de similares, na verificação de soluções próximas à requerida, como estratégia de aquisição de repertório poético e de soluções técnicas usuais; definição do escopo em relação aos comportamentos pretendidos e soluções técnicas de hardware e software; geração de alternativas, a partir de estudo e experimentação de partes da solução, como comunicação entre os cubos e entre estes e os interatores, sensores e atuadores, máquina de estados comportamentais, controladores de áudio e luzes, física de impacto e resistência de materiais, montagem das estruturas física e lógica integradas; além de testes e refinamento do projeto, com a avaliação finalizando o quadro metodológico utilizado.

Poeticamente, o projeto elegeu as fases de concepção, validação conceitual, definição autopoética da interação baseada em feedbacks visuais e sonoros, na utilização de luzes e sons emitidos pelos cubos, a partir de atuadores. Na fase de avaliação, além das bases sensoriais visuais e sonoras, foi considerada a base tangível, envolvendo o sistema perceptível háptico. Ainda neste quesito, foi verificada a regularidade do cubo ou hexaedro, compreendido como geométrico tridimensional regular, metaforizando a tríade arte, ciência e tecnologia utilizada no projeto, em sua regularidade sensível e integrada.

A preocupação com a interação poética, resultou em requisitos para guiar a escolha da solução de estrutura física e de hardware e de software dos cubos. Os principais critérios considerados foram:

- Possibilidade de manipulação física dos cubos por pessoas durante uma instalação. Isso implica que os cubos não devem ser muito grandes e pesados, nem pequenos, pois se almeja motivação e envolvimento físico no ato de manipular os mesmos.
- Presença de feedbacks sonoros e luminosos – como forma de ter resposta sobre como as interações humanas com os cubos e desses entre si afetam seus próprios estados internos.
- Possibilidade de implementar comportamentos

complexos nos cubos, com estados associados a feedbacks e interações que possibilitem transitar de um estado a outro.

- Facilidade de implementação – isso significa que a plataforma de hardware e de software e os demais materiais utilizados para a construção física dos cubos devam ser amplamente disponível, de baixo custo e fáceis de entender e de manipular.

Foi destinado um período de seis meses para a equipe multidisciplinar definir os requisitos do sistema, fazer os designs conceituais, visuais e técnicos, adquirir equipamentos, realizar prototipações de hardware, de software e de material, e testar a solução.

A Estrutura do C³

Cada cubo é constituído de uma armação, de uma caixa de controle, de componentes eletrônicos, de software e de um revestimento. Esses elementos são descritos a seguir.

Armação e revestimento

Um cubo do C³, internamente, é um hexaedro regular com arestas de 60cm formadas por canos PVC de 1/2". Dois eixos centrais que se cruzam, também feitos de canos PVC, dão sustentabilidade à estrutura e servem de apoio para a fixação de uma caixa de controle, discutida mais adiante. O cubo é revestido por um tecido branco, atualmente de Lycra. A escolha do tipo de tecido foi guiada pela necessidade de deformação do material a fim de facilitar o ato de segurar as arestas da estrutura. Símbolos podem ser pintados ou colados nas faces de Lycra para permitir a composição de mensagens textuais ou de conceitos visuais pela justaposição de dois ou três cubos.

Caixa de controle

A caixa de controle é uma estrutura de madeira afixada sobre os eixos centrais do cubo através de parafusos e que serve para segurar os componentes eletrônicos. A parte superior da caixa não possui tampo, ficando aberta para permitir o acesso aos componentes. Furos laterais na possibilitam a passagem de cabos e de elásticos de amarração. Fitas de velcro e fitas elásticas foram adicionadas à caixa para ajudar manter seu conteúdo imóvel ao girar o cubo.

Componentes eletrônicos

A parte eletrônica de cada cubo consiste de uma placa Arduino (modelo UNO ou Duemilanove), um emissor e um receptor de rádio frequência, um dispositivo acelerômetro/giroscópio (um MPU6050), uma fita de LED multicolor RGB, uma placa controladora de fita de LED e um buzzer, além de uma placa de circuito[1], fios, conectores de energia e baterias. Todas as placas estão afixadas à base da caixa de controle com fita adesiva dupla face. As baterias estão posicionadas dentro da caixa nos cantos e ficam presas pelas laterais usando fitas elásticas e, por cima, com uma fita de velcro. Essa solução

mantém as baterias seguras ao mesmo tempo que facilita sua troca quando necessária. A fita de LED está conectada à placa controladora de LED e se encontra enrolada em volta da caixa de controle com o objetivo de gerar uma iluminação uniforme em cada face do cubo. Os componentes são relativamente de baixo custo e fáceis de encontrar tanto no Brasil quanto no exterior.

Software

O software que controla cada cubo do C³ foi desenvolvido pelos autores do presente trabalho utilizando um ambiente de programação clássico para Arduino (McRoberts, 2011) com uma linguagem baseada em C/C++. Junto ao código criado foram incorporadas bibliotecas já existentes para controlar os principais dispositivos externos (os dispositivos de rádio frequência, o acelerômetro/giroscópio e a placa controladora da fita de LED).

O software desenvolvido para o C³ está dividido em cinco módulos:

- Inicialização - responsável por inicializar todos os dispositivos eletrônicos e por definir os atributos internos de funcionamento do cubo. Entre esses atributos se encontram um número de identificação (ID) único para o cubo, a cor padrão do mesmo, um contador de tempo interno e um estado inicial de comportamento. Este módulo é executado uma única vez ao se ligar o cubo.
- Comunicação - faz a comunicação do cubo em questão com os demais cubos usando os dispositivos de rádio frequência. Este módulo fica ativo continuamente, enquanto o cubo estiver ligado, enviando informações sobre seus atributos de configuração e recebendo e armazenando os atributos dos outros cubos. Se o sinal de um determinado cubo não é recebido após um certo tempo de espera, o módulo assume que aquele cubo está inativo e armazena tal informação internamente. Como os dispositivos de rádio frequência foram escolhidos de forma que a comunicação acontece mais regularmente a curtas distâncias (até 4 metros), o módulo consegue detectar a proximidade ou não dos cubos ligados utilizando a frequência com que os sinais são recebidos. Por simplicidade, proximidade entre qualquer par de cubos está sendo definida com "perto" (enquanto o sinal de comunicação estiver sendo recebido regularmente) e "longe" (caso contrário).
- Movimento - usando o dispositivo acelerômetro/giroscópio, este módulo detecta a face do cubo virada para cima. Ele também verifica se o cubo está sendo segurado ou se está sendo sacudido pelo interator por meio da análise dos eixos X, Y e Z do acelerômetro e do giroscópio. O módulo de Movimento, similar ao de Comunicação, também executa ininterruptamente, sempre guardando internamente como atributos os dados recém detectados.
- Reação - realiza a comunicação do cubo com os interatores, através da ativação ou desligamento do LED, mudança de cor e geração de sons (com o dispositivo buzzer). As ações deste módulo são executadas apenas quando chamadas

pelo módulo Comportamento, descrito a seguir.

- Comportamento - define como o cubo se comporta e interage com os interatores e com os demais cubos. Este módulo também executa continuamente e utiliza uma máquina de estados (Hopcroft et al, 2001) que pode conter vários estados e transições. Cada estado invoca um conjunto de reações do cubo (por exemplo, ligar o LED e/ou produzir um som). Uma transição, por sua vez, faz a mudança de um estado para outro e é ativada quando determinadas condições envolvendo os atributos são satisfeitas. Exemplos de condições são: o cubo estar com uma certa face voltada para cima, o cubo estar sendo sacudido, outro cubo estar próximo do cubo em questão, e ter se passado alguns segundos desde a última transição.

Os módulos Movimento e Reação podem ser considerados como responsáveis por entrada e saída de dados do cubo, respectivamente. O módulo Comunicação desempenha essas duas funções. Já o módulo Comportamento pode ser visto como o "cérebro" que implementa a lógica que faz o cubo funcionar.

A programação para o C³ pode ser entendida como definir a máquina de estados que estabelece o comportamento dos cubos. Obviamente, cada cubo do C³ poder ter seu próprio programa. Contudo, optou-se por uma solução mais fácil de manter e de evoluir, a qual é ter um único código que funciona diferentemente de acordo com os atributos iniciais definidos no módulo de Inicialização.

Aplicações e Interação

Os processos de interação do trabalho remontam, desde a sua base, à arte interativa, também denominada arte tecnológica. A existência de regras de interação e um interator pressupõem, poeticamente, a implementação de um diálogo entre um objeto inanimado de base tecnológica e um humano, em que as ações desencadeadas por este último reverberem e resultem em também ações do primeiro. É nesta relação de uma ação como resposta a outra ação que se fundamenta a dialogicidade da interação.

Como mencionado, o C³ é formado por três cubos de 60cm de lado, dotados de programação, com uma consciência de seu estado, de sua proximidade em relação uns aos outros, e atentos aos movimentos causados pelo interator. Neste sentido, os cubos possuem uma relação consigo mesmo, na identificação de seu estado e posição; em relação aos outros cubos e em relação ao interator. Há, efetivamente, uma relação de segunda interatividade (Couchot, 2003), identificada na interação endógena, entre sistemas, e exógena, entre o sistema e o interator. Esta condição pode ser descrita a partir dos movimentos e ações desencadeadas pelos movimentos ou mudanças de estado.

Assim, os cubos podem ser levantados, rotacionados, sacudidos e movidos em uma sala por uma ou mais pessoas. Cada cubo detecta sua orientação (qual lado está para cima) e ações de força física exercidas sobre ele, bem como a proximidade e os atributos dos outros cubos. Considerando

apenas os atributos de orientação e de proximidade, os três cubos em conjunto possibilitam até 6^3 combinações de lados para cima e 5 combinações de distância (nenhum cubo próximo um do outro, todos os cubos próximos e combinações em que dois cubos estão próximos e um cubo está distante). Ao todo, isso representa $6^3 \times 5 = 1080$ situações distintas de C^3 . Várias dessas situações podem ser associadas a estados com feedbacks sonoros e luminosos específicos e a transições no módulo de Comportamento. Adicionalmente, textos e figuras desenhadas nos lados dos cubos podem ajudar na transmissão de algum conceito ou complementar a interação poética.

Mas se as ações do sistema podem ser descritas formalmente, dada a configuração dos cubos nas relações travadas entre eles e com eles próprios, é na interação exógena que a dialogicidade se comporta como interação de fato. As ações do interator, aquele que interage com o sistema, faz florescer as condições que perpassam o analógico e o digital, alcançando o substrato estético que, por si, faz ver sua base poética. Os estágios simbólicos que resultam em sintagmas ou registros sígnicos, estabelecidos pela junção dos elementos impressos, bases luminosa e sonora, mais a experiência cinética e tátil, alcançam na condição da cultura a sua estrutura social simbólica. Há de se considerar, neste âmbito, as relações simbólicas como um campo de possibilidades, aberta ao mundo e aos vários interpretantes possíveis, inclusive e principalmente os de cunho poético, fundamentados no segmento da arte tecnológica, em cuja poética assenta a interatividade.

É neste fundamento que as 1080 ou mais combinações possíveis com os seus estados e transições se multiplicam a enésima potência, reverberando as múltiplas possibilidades interpretativas, apontando para um interpretante final, para usar uma descrição semiótica. Já em uma relação fenomenológica, o campo de possibilidades do trabalho se mostra convidativo a plantações de sentido de várias ordens, prometendo fertilidade para fazer brotar mais que uma denotação pressuposta pelo objeto. Ele toca a própria polissemia da arte, entregue à experiência singular de buscar sentido no ressonar de seus próprios movimentos, em sua vibração como ser e ente.

C^3 é uma produção claramente destinada ao afã artístico, modelizada para tal finalidade, ainda que, como a própria arte, possa emprestar seus serviços para aplicações menos transcendentais, baseados em processos comunicacionais mais objetivos. Sua gênese, contudo, é um convite ao prazer, à fruição e à plasmação estética.

Avaliação Preliminar

Apresentado na exposição que compôs o evento Internacional Understanding Visual Music 2015, realizado no Centro Cultural Banco do Brasil, em Brasília, C^3 esteve em exibição entre os dias 10 e 30 de junho de 2015, atingindo um público amplo e diverso. A mostra coletiva teve curadoria de Suzete Venturelli, Tania Fraga e Antenor Ferreira, e contou com trabalhos originários de vários estados brasileiros, da

Espanha e do Canadá. A orientação curatorial foi de trabalhos que articulassem arte e tecnologia, com direcionamento para sonoridades. Além de trabalhos interativos, a mostra apresentou performances e intervenções urbanas.

Com foco nesse evento, o C^3 foi programado para apresentar o seguinte comportamento: cada cubo possuía uma cor característica do espectro RGB (vermelho, verde ou azul) a ser emitida pela fita de LED. Ao colocar para cima uma determinada face do cubo (a chamaremos aqui de face principal), a fita acendia uma luz contínua. A face oposta fazia com que a luz apagasse. As demais quatro faces produziam uma iluminação intermitente. As faces do tecido que revestia os cubos foram pintadas com palavras e símbolos diversos. As faces principais foram definidas de modo a compor o texto "Media Lab UFG", com cada palavra pintada em um cubo diferente. Ao atingir essa configuração, a comunicação de mensagens por rádio frequência entre os cubos ocasionava a transição um ou mais deles para um estado no qual o cubo tocava uma música. Após isso, os cubos passavam a piscar continuamente até que fossem virados para suas faces opostas à face principal, o que retornava-os a um estado inicial. Uma outra interação incluída no modelo de comportamento foi a possibilidade de mudar a cor característica do cubo, balançando-o por alguns segundos com a face principal para cima.

Nenhuma informação sobre o comportamento e as interações com os cubos foi passada aos participantes/interatores, deixando que eles explorassem o C^3 e descobrissem sozinhos o que o sistema fazia.

Uma parte da avaliação do C^3 considerou dois aspectos fundamentais, a saber: a interação, determinada pelos movimentos e pela comunicação, e as reações, desencadeadas por esses processos. Isso foi aferido antes do início da exposição, ainda em ambiente de laboratório, e ao longo da exposição, como método de verificação das funções dadas aos cubos. Tal etapa, de cunho técnico, mensurou não somente os aspectos de funcionamento do C^3 . Naturalmente, tal verificação se deu por amostragem de combinações. O resultado foi satisfatório em todas as aferições, sem detecção de nenhum problema que não baterias fracas, as quais, tão logo detectadas e trocadas, resultavam no pleno e correto funcionamento do trabalho.

A segunda parte da avaliação se deu por inquirição direta, usando técnica de formulário para coleta de dados. Nos primeiros três dias do evento, alguns interatores, após a experimentação com o C^3 , responderam um questionário que levantava o perfil do participante, a utilização dos cubos com uma ou mais pessoas simultaneamente, a descoberta do que poderia ser feito com o sistema, a satisfação com o tamanho dos cubos, com as cores das luzes e com os textos e símbolos impressos nos revestimentos, além de comentários gerais sobre o trabalho. Quinze questionários foram preenchidos nesse período. Uma análise do perfil dos interatores demonstrou que oito deles eram estudantes (com idade entre 10 e 21 anos), enquanto os demais eram professores ou outros profissionais (com idade variando de 21 a 53 anos). A maioria dos interatores (57,1%) relatou ter manipulado os cubos sozinha.

A maioria (69,2%) também achou adequado o tamanho dos cubos para manipulação. Sobre o nível de satisfação com a mudança das luzes dos cubos, 57,1% comentaram ter uma experiência mediana, 21,4% avaliaram a mesma como boa, 14,3% disseram ser excelente e apenas 7,1% avaliaram essa mudança como sendo ruim. É importante mencionar que, durante a exposição, as baterias descarregaram, resultando em iluminação insuficiente das luzes de LED e, possivelmente, em uma má avaliação por alguns interatores. Já na avaliação da arte impressa, 61,5% gostaram da mesma. Foi verificado, nos comentários escritos, que os cubos chamaram a atenção dos participantes, despertando o desejo de manipular e de descobrir como os hexaedros interagem entre si. Os maiores problemas percebidos foram relacionados à dificuldade de entender a relação entre os comportamento dos cubos e de obter um feedback rápido. Entre as sugestões para melhoria do C³ estavam: implementar comportamentos com maior variação das cores e ritmo, deixar mais clara as formas de interação com os cubos, e adotar cubos com estruturas menores e/ou mais arredondadas de modo que possam ser lançados como em um jogo de dados. Ilustrações da estrutura do C³ e de seu funcionamento são apresentadas na Figura 1. Mais informações sobre a exposição podem ser obtidas no portal Web do Media Lab (em <http://www.medialab.ufg.br>).

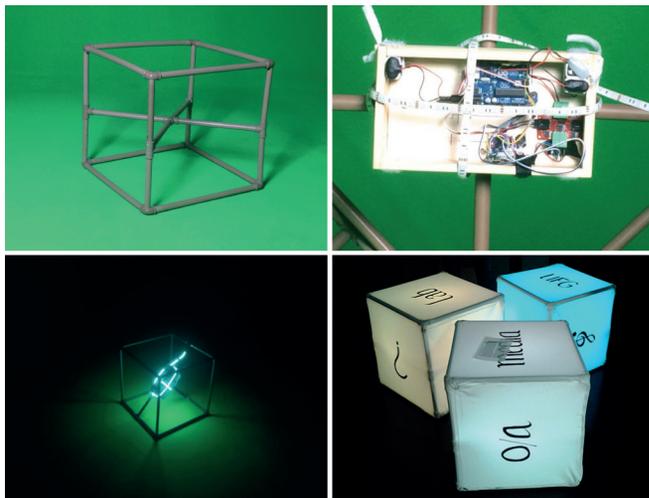


Figura 1: Imagens do C3.

Conclusão

A perspectiva de trabalho colaborativo envolve, necessariamente, a formação de uma equipe que tende a ser multidisciplinar, agregando competências complementares na realização da tarefa. Enquanto equipes cooperativas se organizam a partir de mesmas competências, as equipes colaborativas valorizam competências distintas e complementares.

Neste eixo, a equipe deste projeto foi formada por cientistas da computação, artistas e designers, atendendo a demandas de desenvolvimento de hardware e software,

questões ergonômicas e de usabilidade, além de materiais e a dimensão poética do trabalho. Este fundamento, difundido principalmente em equipes criativas e inovadoras (Fernandes & Ribas, 2015), gerou para no grupo a ampliação de repertório em todas as áreas envolvidas, seja técnico seja conceitual, no desenvolvimento da solução final apresentada. Acrescenta-se a este contexto o que diversas vezes se polariza enquanto ciência e arte, o primeiro marcado pelo pensamento do rigor técnico e o segundo pelo desprendimento típico da criatividade. Na prática, verifica-se, contudo, que o pensamento técnico é criativo, na busca de soluções para os problemas enfrentados, e, igualmente, a dimensão artística é pragmática, ao perseguir a estrutura poética, compreendida enquanto estratégia de produção de encanto (Aristóteles, 2005). Na formação multidisciplinar, arte e ciência não se polarizam, antes se articulam na prospecção de uma complexa teia de ações de usuário e de sistema, que tem como fundamento a noção pragmática da experiência interativa (Dewey, 2010; Rocha, 2010).

Os cubos são agora parte integrante de um portfólio de artefatos interativos para exposição, sendo que a documentação de seus designs e das soluções técnicas serão publicadas em breve de forma aberta. A plataforma também passará por melhorias (principalmente no que diz respeito à escolha e gestão das baterias para alimentar os circuitos elétricos) e novas avaliações com usuários e com especialistas, tanto de artes quando de usabilidade humano-computador, com o intuito de identificar e de priorizar possibilidades de extensão do sistema.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem ao Sr. Pier Angelo Tognini, proprietário da empresa La Finestra Indústria e Com. de Esquadrias Ltda, pelas valiosas ideias que ajudaram na definição da estrutura de armação do C³; ao aluno Kaiky Fernandez, do curso de Design Gráfico e membro do Media Lab - UFG, responsável pela pintura dos símbolos e textos nas faces dos cubos; e à equipe do laboratório de costura da FAV - UFG, sob coordenação do prof. Adair Marques, responsável pelo corte e pela costura do revestimento do C³ em Lycra.

Referências

- Aristóteles. (2005). *Poética*. Trad. de Jaime Bruna, In: *A poética clássica* (Aristóteles, Horácio, Longino). São Paulo: Cultrix.
- Couchot, E., Tramus, M-H. & Bret, M. (2003). *A Segunda Interatividade: em direção a novas práticas artísticas*. In: DOMINGUES, Diana (org). *Arte e Vida no Século XXI: tecnologia, ciência e criatividade*. São Paulo: UNESP, 27-38.
- Dewey, J. (2010). *Arte como experiência*. Tradução Vera Ribeiro. São Paulo: Martins Fontes.
- Fernandes, J. & Ribas, R. (2015). *Sobre Mentis Criativas e Empresas Inovadoras*. Rio de Janeiro: Brasport.
- Hopcroft, J. E., Motwani, R. & Ullman, J. D. (2001). *Introduction to automata theory, languages, and computation*. 2nd ed., Addison-Wesley.

McRoberts, M. (2011). Arduino Básico. 1a edição. Novatec.
Murray, J. (2003). Hamlet no Holodeck - o futuro da narrativa no ciberespaço. São Paulo: Itaú Cultural: Unesp.
Rocha, C. (2010). Interfaces computacionais e experiência sensível. In: Anais do 19º Encontro da Associação Nacional

de Pesquisadores em Artes Plásticas "Entre Territórios", Cachoeira, BA. Disponível em <http://www.anpap.org.br/anais/2010/pdf/cpa/cleomar_de_sousa_rocha.pdf>. Acesso em 22 maio de 2015.