

Table of Contents

Introdução	0
A academia contemporânea	1
Infraestrutura e práticas para expansão do conhecimento	2
O CTA Jr. CAp	3
Projetos do CTA	4
Empreendedorismo Aberto	5
Considerações finais	6

O Centro de Tecnologia Acadêmica: princípios e perspectivas

Rafael Pezzi, Heitor Carpes Marques Fernandes, Marina Pinto Pizarro de Freitas, Leonardo Sehn Alves, Pedro Terra, Renan Bohrer da Silva, Jan Luc dos Santos Tavares

Centro de Tecnologia Acadêmica, Instituto de Física da UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9500. Porto Alegre, RS, Brasil

Rafael Vasques Brandão

Centro de Tecnologia Acadêmica Jr. do Colégio de Aplicação da UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9500. Porto Alegre, RS, Brasil

Acreditamos que, a fim de suprir as necessidades atuais da humanidade sem prejudicar as gerações futuras, é preciso que se desenvolva uma cultura de ampla colaboração e de continuidade do conhecimento. Por isso, o Centro de Tecnologia Acadêmica do Instituto de Física da UFRGS (CTA IF/UFRGS) foi criado com base nos princípios da cultura livre, utilizando e desenvolvendo conhecimento e tecnologias livres e abertas. Estas são tecnologias onde os usuários possuem as liberdades de seu uso, estudo, modificação e distribuição, garantindo autonomia no aprendizado, no uso, no desenvolvimento e na disseminação dessas tecnologias. Este artigo justifica a escolha das tecnologias livres e abertas e das práticas relacionadas, apresentando como as possibilidades de criação, uso e disseminação do conhecimento geradas pela tecnologia digital, que embasam a cultura digital, estão sendo utilizadas e aprimoradas no CTA IF/UFRGS.

Iniciamos com uma breve reflexão sobre os impactos das tecnologias digitais na circulação da informação, do conhecimento e da cultura e apontamos os benefícios dos conceitos de liberdade e abertura do conhecimento à ciência, tecnologia e educação. Em seguida apresentamos o *hardware* aberto e livre (HAL) como o passo eminente na evolução do desenvolvimento colaborativo de tecnologias. Após uma análise dos conceitos, apontamos para a infraestrutura e metodologias que consideramos necessárias para viabilizar o desenvolvimento colaborativo de instrumentos científicos e educacionais abertos em escala até então vista apenas em projetos de obras imateriais como a Wikipédia e o sistema operacional GNU/Linux.

Descrevemos como estes conceitos são integrados como princípios no Centro de Tecnologia Acadêmica visando a renovação da academia nos modos de produção, gestão e disseminação do conhecimento. Por fim, apresentamos alguns exemplos de instrumentos abertos desenvolvidos no CTA, juntamente com reflexões sobre o papel que os princípios adotados por nós têm para a formação dos alunos e o impacto que seus projetos podem ter na sociedade pela integração natural com a pesquisa e extensão universitárias.

1. A era da informação e a academia contemporânea

Diversas abordagens já foram utilizadas para analisar os impactos da tecnologia da informação na sociedade contemporânea. Desde questões epistemológicas como vistas pela perspectiva da Ecologia Cognitiva, conceito cunhado por Pierre Lévy (LÉVY, 1993), até seus impactos na economia, sociedade e cultura como postos por Manuel Castells (CASTELLS, 1999) e Yonchai Benkler (BENKLER, 2006). Essas reflexões contribuem para a compreensão da profundidade do impacto das novas tecnologias da informação e comunicação para a humanidade.

No que se refere à academia, o surgimento de novos referenciais podem ser identificados em dois movimentos complementares, o dos Recursos Educacionais Abertos (SANTANA; ROSSINI; PRETTO, 2013) (REA) e o movimento pela ciência aberta. Sarita Albagli descreve o segundo da seguinte maneira (ALBAGLI, 2015):

"O movimento pela ciência aberta deve ser pensado no contexto dos movimentos sociais que emergem em meio a mudanças nas condições de produção e circulação da informação, do conhecimento e da cultura, e que vêm desestabilizando arcabouços epistemológicos e institucionais vigentes. Trata-se de refletir sobre os desafios que essas mudanças trazem às dinâmicas científicas, seus valores e práticas, e sobre os novos olhares que se impõem para melhor compreender e lidar com tais desafios."

A universidade, definida como o "local de domínio e cultivo do saber humano"¹, é, naturalmente, uma das instituições mais impactadas com o surgimento de novas dinâmicas de produção e disseminação de conhecimento. Assim, é possível ampliar o contexto do argumento posto por Albagli para além das "dinâmicas científicas, seus valores e práticas", abrangendo todas as dinâmicas, valores e práticas acadêmicas.

Por mais que a academia se mantenha em posição de destaque pelo monopólio de emissão de diplomas e títulos, a capacidade de atuação profissional dos egressos cada vez mais precisa ser complementada por formação extra-acadêmica, uma vez que a formação tradicional das universidades mantém-se alheia às novas dinâmicas do conhecimento. Se, por um lado, as dinâmicas sociais e econômicas têm respondido aos novos meios de produção e disseminação do conhecimento advindos da tecnologia da informação, por outro, a academia tem se mostrado mais lenta para adaptar-se às inovações nas suas dinâmicas produtivas. Observa-se um *modus operandi* no qual as limitações das ferramentas e métodos do passado são artificialmente impostas às novas, sejam pelas políticas vigentes ou pelos vícios da cultura institucional. Isto é, substituem-se ferramentas para realizar as mesmas tarefas: a máquina de escrever por um editor de texto, o quadro negro por um projetor multimídia, ou a sala de aula tradicional por uma sala de aula virtual igualmente fechada.

A inserção das novas dinâmicas informacionais na universidade não é trivial; requer a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias acadêmicas para atualizar a universidade. O Centro de Tecnologia Acadêmica (CTA) do IF/UFRGS foi criado para ser um laboratório de criação e experimentação destas tecnologias e promover a sua disseminação para além da academia de forma livre e colaborativa. Surge também para integrar os estudantes do curso recentemente criado de Engenharia Física com as atividades de ensino, pesquisa e extensão da universidade². Atualmente, é um centro interdisciplinar com alunos de diversos cursos e níveis. Dedicamos a seção 3 para descrever a inserção destes conceitos no ensino médio através de um CTA Jr. instalado no Colégio de Aplicação da UFRGS.

1.1 Tecnologias acadêmicas

As tecnologias acadêmicas desenvolvidas pelo CTA podem ser separadas em duas categorias:

1. tecnologias meio
2. tecnologias fim

As tecnologias meio são as técnicas, métodos e ferramentas utilizadas como meio da academia atingir seus objetivos. São aquelas para gestão acadêmica e de projetos, publicação de resultados, canais de comunicação interna e externa, organização de grupos e de comunidades, enfim, têm o objetivo de perpetuar a dinâmica acadêmica, registros e a memória, dando continuidade à cultura institucional. Tipicamente podem ser aplicadas com poucos ajustes por todas as áreas acadêmicas.

A categoria das tecnologias fim são os métodos, processos e instrumentos científicos desenvolvidos e utilizados nos laboratórios de pesquisa e laboratórios didáticos de ensino. São tecnologias específicas para cada área do conhecimento.

O Centro de Tecnologia Acadêmica IF/UFRGS atua em ambas as frentes. As tecnologias meio empregadas pelo CTA são apresentadas na seção 2, onde descrevemos os canais de comunicação do CTA e as dinâmicas de grupo e reuniões, métodos de formação de comunidade, organização de eventos, documentação de projetos. As tecnologias da categoria fim do CTA são apresentadas na seção 4.

1.2 Aliberdade e abertura do conhecimento

A fim de tornar natural o princípio de indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão universitárias e maximizar o potencial de disseminação das tecnologias utilizadas e desenvolvidas pelo CTA, foram tomados como princípios do Centro aqueles presentes nas definições de abertura e liberdade do conhecimento. São modalidades de conhecimento que exploram profundamente as possibilidades advindas das tecnologias digitais. É uma abordagem que estimula a participação colaborativa no empreendimento acadêmico e estimula uma competição que recompense a capacidade de inovação e não o acesso aos meios (ABDO, 2015). Ao mesmo tempo promove a extensão, vista como a interação da universidade com a sociedade, pela remoção de barreiras à disseminação destas tecnologias para além do ambiente acadêmico, podendo atingir o ensino em todos os níveis assim como atividades comerciais, de serviços, e industriais, sem discriminação ou favoritismo. Isto ocorre ao mesmo tempo em que adequa a prática acadêmica aos princípios de transparência que são esperados de instituições científicas e, especialmente, as mantidas com ou que recebem recursos públicos.

Ao lembrar que as tecnologias têm impacto direto na vida cotidiana e no futuro, cabe apontar também que as tecnologias livres se enquadram naturalmente nas propriedades de transferência de tecnologia para adaptação às mudanças climáticas. Segundo o relatório de 2009 elaborado pelo grupo especialista de transferência de tecnologia da Convenção Quadro de Mudanças Climáticas das Nações Unidas³, a transferência de tecnologias de adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas deve prover ao recipiente a capacidade para:

- Instalar, operar, manter e reparar as tecnologias;
- Produzir versões de custo reduzido das tecnologias;
- Adaptar as tecnologias aos mercados e circunstâncias domésticas;
- Desenvolver novas tecnologias.

Ou seja, busca-se um modelo de transferência de tecnologia que preza pela autonomia ao invés da dependência. Estas características requerem treinamento e capacitação da comunidade recipiente ao invés da mera entrega de produtos e licenças. As formas de aplicação das tecnologias livres e abertas nos contextos científicos e educacionais apresentadas neste trabalho servem de base para esta capacitação.

Além disso, como coloca Joshua Pearce (PEARCE, 2012a),

"Pesquisa de código aberto mostra que é possível agilizar desenvolvimento de tecnologias para a sustentabilidade quando fundamentadas na ética *hacker* com i) revisão de pares massiva no desenvolvimento de materiais de suporte e desenhos experimentais, ii) maior visibilidade, que leva a iii) maiores oportunidades de financiamento e amplia o interesse dos estudantes e iv) melhora a educação e treinamento dos estudantes em atividades relacionadas à pesquisa."

1.3 Definições de liberdade e abertura de conhecimento

São diversas as definições e declarações que foram criadas para se referir à liberdade do conhecimento. É adequado afirmar que uma raiz filosófica que embasa os atuais movimentos de cultura livre e abertura do conhecimento remonta ao movimento Software Livre e ao projeto GNU⁴, iniciado por Richard Stallman na década de 80. Stallman definiu *software* livre⁵ em Fevereiro de 1986 e esta definição é mantida atualmente pela Free Software Foundation. Stallman também escreveu a primeira licença de *software* livre, a General Public Licence⁶. A partir de então ficou entendido que:

Por "*software* livre" devemos entender aquele *software* que respeita a liberdade e senso de comunidade dos usuários. A grosso modo, os usuários possuem a liberdade de executar, copiar, distribuir, estudar, mudar e melhorar o *software*. Assim sendo, "*software* livre" é uma questão de liberdade, não de preço.

Em 5 de Julho de 1997 a comunidade de desenvolvedores da distribuição GNU/Linux Debian ratificou orientações Debian para Software Livre⁷ especificando os critérios para o *software* livre que é aceito na distribuição. Mais tarde as orientações Debian para *software* livre foram utilizadas como base para a definição de *software* de código aberto (*open source definition*)⁸, buscando utilizar linguagem mais amena para maior disseminação do termo em meios mais conservadores. Richard Stallman apontou que o termo *software* de código aberto deve ser evitado⁹, enquanto Bruce Perens explicou como se deu esta definição em um capítulo do livro "*Open Sources: Voices from the Open Source Revolution*" (PERENS, 1999).

Duas definições que sucedem estas são particularmente importantes para o trabalho desenvolvido no Centro de Tecnologia Acadêmica: a definição de obras culturais livres, a qual mantém o maior alinhamento com os princípios de liberdade do conhecimento; e a definição de Hardware Aberto e Livre (HAL). As duas são apresentadas a seguir.

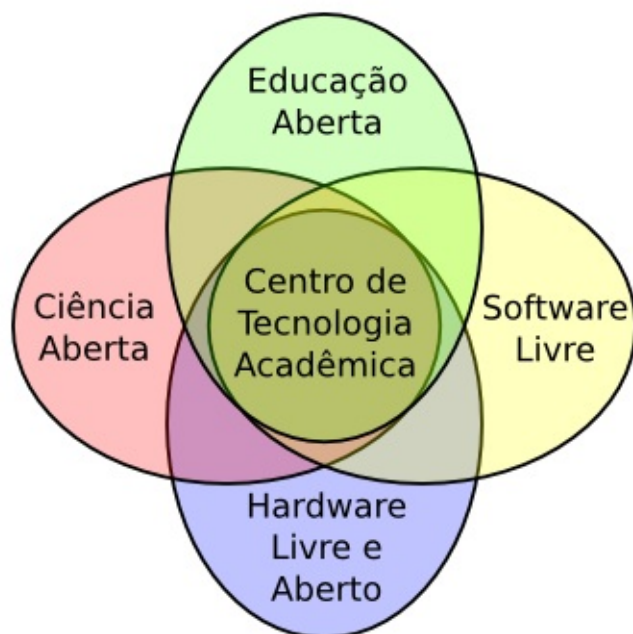


Figure: Princípios do Centro de Tecnologia Acadêmica - CTA IF/UFRGS

1.3.1 Definição de obras culturais livres

A Definição de obras culturais livres¹⁰ foi inicialmente apresentada na Wikimania em Agosto de 2006 por Benjamin Mako Hill e Erik Möller. Após deliberação pública em Março de 2007 passou a ser referência da política de licenciamento de conteúdo da Wikipédia¹¹. Obras culturais livres são aquelas que apresentam as seguintes liberdades:

- a **liberdade de usar** a obra e aproveitar os benefícios do seu uso;
- a **liberdade de estudar** a obra e de aplicar o conhecimento dele adquirido;
- a **liberdade de fazer cópias e distribuí-las**, em todo ou em parte, da informação ou expressão;
- a **liberdade de fazer mudanças e melhoramentos**, e de distribuir obras derivadas.

Esta definição é de caráter geral e expande as quatro liberdades fundamentais do *software* livre (SL) definidas por Richard Stallmann para todas as obras culturais fruto do intelecto humano. Cronologicamente, surgiu após a definição de SL, porém, conceitualmente pode ser pensada como a definição mais fundamental, sendo que definições que tratam de áreas específicas podem ser vistas como adequações desta. Um exemplo é a definição de *hardware* aberto e livre, que envolve o projeto e construção de objetos tangíveis, materiais, com suas características e dificuldades específicas.

1.3.2 A definição de Hardware Aberto e Livre (HAL)

A comunidade de *hardware* aberto e livre se reuniu em meados de 2010 para criar uma definição para o Open Source Hardware¹², que aqui é traduzida como Definição de Hardware Aberto e Livre¹³. A definição, na sua versão 1.0 inicia com uma declaração de princípios que podem ser traduzidos da seguinte maneira:

Hardware Aberto e Livre é o *hardware* cujos projetos são disponibilizados publicamente de modo que qualquer um possa estudar, modificar, distribuir, fabricar e vender o projeto ou o *hardware* baseado no projeto. A fonte do *hardware*, o projeto do qual ele é fabricado, é disponibilizado no formato mais adequado para que nele sejam feitas modificações. Idealmente, *hardware* de código aberto utiliza componentes e materiais facilmente acessíveis, processos padrões, infraestrutura aberta, conteúdo irrestrito, e ferramentas de desenho livres para maximizar a possibilidade dos indivíduos fazerem e utilizarem o *hardware*. *Hardware* de código aberto dá às pessoas a liberdade de controlar a sua tecnologia enquanto compartilham conhecimento e encoraja o comércio através do compartilhamento aberto dos projetos.

Também foi demonstrado que o surgimento de máquinas de fabricação digital de baixo custo como a impressora 3D RepRap (JONES et al., 2011) levam a uma drástica redução dos custos para obtenção de instrumentos científicos do tipo HAL (PEARCE, 2012b).

Esclarecimento: o que é *hardware*?

Existe uma tendência a considerar apenas os instrumentos eletrônicos, tipicamente microprocessados como um computador, como sendo *hardware*. Entretanto, *hardware*, em inglês representa qualquer instrumento físico, seja uma ferramenta manual ou uma impressora 3D. Equipamentos utilizados em laboratórios científicos também se encontram na categoria de *hardware*. Mais do que isso, uma gama de instrumentos científicos abertos estão sendo concebidos dentro do conceito de Open Science Hardware (PEARCE, 2012). Assim, utilizamos aqui e defendemos o entendimento de *hardware* na representação ampla de instrumentos e ferramentas além dos computadores e dispositivos eletrônicos.

1.4 Da liberdade do *software* à do *hardware*

São comuns as análises das novas dinâmicas produtivas que se baseiam na Wikipédia e o *software* livre como casos de sucesso. Ambos se caracterizam por serem empreendimentos colaborativos de construção de intangíveis que floresceram quando os elementos para sua criação e disseminação estavam maduros a ponto de serem adotados em larga escala. Neste ponto, a infraestrutura física necessária para isto, um computador conectado à internet, é complementado por elementos técnicos e legais:

- Aspectos técnicos que viabilizam colaboração em *software* livre:
 - *Hardware*: Um computador conectado à rede;
 - *Software*: um editor de textos e ao menos um compilador de código, ambos livres;
- Aspectos Legais: uma licença de *software* livre.

O próximo passo na construção colaborativa refere-se ao desenho e construção colaborativa e distribuída de objetos tangíveis. Enquanto os computadores pessoais suprem a infraestrutura física da colaboração distribuída necessária para o desenvolvimento de *software* e textos, a infraestrutura necessária para o desenho colaborativo e fabricação distribuída de instrumentos e equipamentos físicos ainda não tem recebido a devida atenção.

Atualmente, o desenvolvimento de HAL seguindo os princípios declarados na definição de HAL é bastante limitado devido à carência de "processos padrões, infraestrutura aberta, conteúdo irrestrito, e ferramentas de desenho livres" apropriadas para esta finalidade. Além destes aspectos técnicos, boas práticas de registro e documentação também não estão bem estabelecidas. O esclarecimento destes é o atual desafio tecnológico e cultural a ser superado para atingir uma maior prosperidade no desenvolvimento de *hardware* aberto e livre. O CTA está atuando para viabilizar ou ampliar as possibilidades de desenvolvimento de *hardware* que siga mais profundamente os princípios estabelecidos na definição de *hardware* aberto e livre, atuando justamente nestes pontos negligenciados.

No que se refere ao *software* utilizado para projetar o *hardware*, sua menção é explícita na declaração dos princípios de HAL: "as ferramentas de desenho devem ser livres". A segunda referência ao *software* é indireta. Pode-se ler na primeira seção da definição as orientações sobre os formatos dos arquivos da documentação do projeto, onde são indicados formatos que possam ser modificados e codificados em formatos abertos. Neste caso, a indicação ao *software* livre que trata do formato aberto é indireta, mas também presente. O desenvolvimento de infraestrutura aberta para o desenho de fabricação de *hardware* livre e aberto é uma das linhas de ação do CTA, como descrita na seção 2.

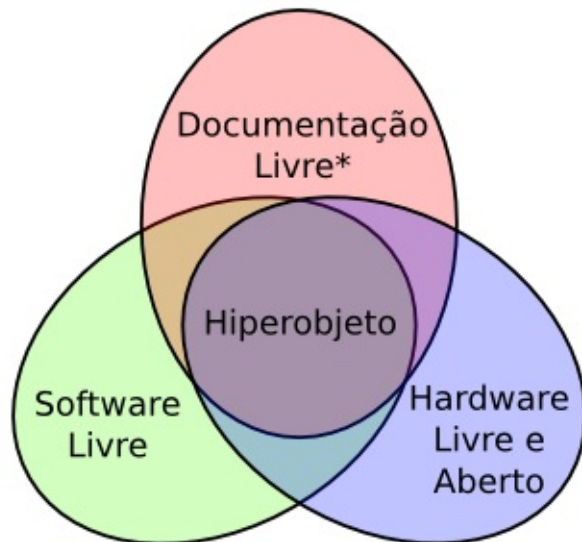
Sem a disponibilidade de tal infraestrutura observamos um modelo centralizado de desenvolvimentos de projetos de *hardware* aberto onde o desenvolvimento é realizado por grandes contribuições realizadas por poucos indivíduos que tem acesso às ferramentas.

A seguir apresentamos a nossa visão de práticas e infraestrutura necessárias para o desenvolvimento aberto e colaborativo de Tecnologias Acadêmicas e HAL.

1.5 Hiperobjetos

Se por um lado diversas vertentes de abertura e liberdade do conhecimento surgiram a partir dos ideais de *software* livre, por outro, estas diferentes vertentes têm alguma dificuldade em encontrar um ponto comum de atuação. Por exemplo, muitos entusiastas de *hardware* aberto e livre não necessariamente prezam pelo uso de *software* livre para a realização de seus projetos. Também é comum defensores de recursos educacionais abertos utilizarem plataformas proprietárias para produzir e distribuir seus materiais didáticos sob licenças permissivas. A fim de construir uma base conceitual para o ponto em comum entre todas as vertentes de conhecimento aberto, do *software* aos materiais multimídias e os equipamentos, foi criado o conceito de hiperobjeto (PEZZI, 2015). Hiperobjeto pode ser

entendido como a interseção entre *hardware* livre, *software* livre e documentação livre, ou seja, é um objeto que foi criado com ferramentas livres, pode ser utilizado com *software* livre e sua documentação é livre. A documentação livre é toda a documentação acerca do objeto que for distribuída sob licença permissiva, formatos abertos e construída com *software* livre. Ela pode incluir também manuais de uso, guias de atividades e aplicações em contextos de educação e ciência aberta. Isto é, a mesma integra ao hiperobjeto todo o material produzido relacionado ao hiperobjeto que foi disponibilizado em conformidade com as definições de obras culturais livres e de conhecimento aberto ¹⁴.



* de acordo com a definição de obras culturais livres

Figure: Hiperobjetos

Outro ponto de destaque com relação aos princípios declarados na definição de *hardware* aberto e livre refere-se à infraestrutura necessária para a fabricação do instrumento. A infraestrutura ideal para a fabricação de instrumentos livres são máquinas de fabricação digital livres, também chamadas de máquinas de fabricação personalizadas, e estão em pleno desenvolvimento. O conjunto destas, integradas com uma estação de desenho e projetos dos componentes, é aqui chamado de **Bancada dos Hiperobjetos**.

Notas:

¹. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf>. Acessado em 8 de Janeiro de 2016. ←

². Boas Vindas do CTA. Disponível em <http://cta.if.ufrgs.br/>. Acessado em 8 de Janeiro de 2016. ←

³. United Nations Framework Convention on Climate Change, FCCC/SB/2009/2, Recommendations on future financing options for enhancing the development, deployment, diffusion and transfer of technologies under the Convention. Disponível em <http://unfccc.int/resource/docs/2009/sb/eng/02.pdf>. Acesso em 10 de Setembro de 2015. ←

⁴. A história do projeto GNU. Disponível em <https://www.gnu.org/gnu/gnu-history.html>. Acessado em 8 de Janeiro de 2016. ←

⁵. FREE SOFTWARE FOUNDATION. O que é software livre? Disponível em : <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html>. Tradução: Rafael Beraldo. Acessado em 4 de Janeiro de 2016. ←

⁶. GNU General Public License. Disponível em <https://gnu.org/licenses/gpl.html> . Acessado em 8 de Janeiro de 2016. ←

⁷. Orientações para software livre para parte do Contrato Social do Debian. Disponível em https://www.debian.org/social_contract#guidelines. Acessado em 8 de Janeiro de 2016. ←

⁸. Open Source Definition. Disponível em <https://opensource.org/osd>. Acessado em 8 de Janeiro de 2016. ↵

⁹. Por que o Código Aberto não compartilha dos objetivos do Software Livre. Disponível em <https://www.gnu.org/philosophy/open-source-misses-the-point.html>. Acessado em 8 de Janeiro de 2016. ↵

¹⁰. Definição da versão 1.1 de "Obras Culturais Livres". Disponível em <http://freedomdefined.org/Definition/Pt>. Acessado em 8 de Janeiro de 2016. ↵

¹¹. Resolução: Política de licenciamento. Disponível em https://wikimediafoundation.org/wiki/Resolution:Licensing_policy/pt. Acessado em 8 de Janeiro de 2016. ↵

¹². Definição de Open Source Hardware. Disponível em <http://freedomdefined.org/OSHW>. Acessado em 8 de Janeiro de 2016. ↵

¹³. Optamos por traduzir *Open Source Hardware* por Hardware Aberto e Livre pois, em português, não existe a ambiguidade de interpretação que o termo *free* no inglês tem para designar tanto livre como grátis. Esta foi a razão do uso do termo *Open Source Software* ao invés de *free software*. Além disso, a comunidade brasileira tem utilizado o termo livre no contexto do *hardware*. ↵

¹⁴. O Hiperobjeto pode ser entendido como aquele que "utiliza componentes e materiais facilmente acessíveis, processos padrões, infraestrutura aberta, conteúdo irrestrito, e ferramentas de desenho livres". Enquanto a definição de HAL traz estes como o caso ideal, no hiperobjeto são condições mínimas. ↵

2. Infraestrutura e práticas para expansão do conhecimento

A integração dos princípios apresentados na seção anterior às atividades do ambiente acadêmico traz vantagens ao mesmo tempo em que cria novas oportunidades e desafios. Faz-se necessária a criação e adaptação de infraestrutura e práticas para potencializar a expansão do conhecimento acadêmico. Nesta seção destacamos a documentação como prática essencial para a execução de projetos e as ferramentas para a comunicação e memória de grupos e comunidades envolvidas em projetos. Além disso, apresentamos a bancada dos hiperobjetos como infraestrutura aberta para viabilizar a construção dos HAL em sua forma ideal.

2.1 Documentação de projetos

Se por um lado a documentação de um projeto é muito importante para o seu desenvolvimento por ser o registro que permite ao próprio desenvolvedor acompanhar o seu avanço, a documentação tem um papel fundamental no desenvolvimento de *hardware* aberto e livre (HAL). Isto ocorre porque a documentação é o que viabiliza as liberdades de fabricação, estudo, modificação do *hardware* e também porque é sobre a documentação que incidem as licenças existentes para o HAL, ou seja, a existência da documentação é o que pode tornar um projeto HAL.

Sob os aspectos de conteúdo, a documentação de um HAL não deve ser vista apenas como um manual de utilização mas sim como o projeto em si. Nela devem constar todos os detalhes conhecidos do projeto incluindo informações sobre as suas partes e peças, tanto as adquiridas no mercado quanto as desenvolvidas. Deve-se dar especial atenção para os formatos dos arquivos desta documentação e ser tomado o cuidado na devida atribuição aos autores e licenças de uso de projetos nos quais um HAL é baseado. Além da disponibilização dos arquivos fontes, a documentação deve ser clara quanto aos procedimentos envolvidos na construção, utilização, reprodução e derivação dos projetos.

Durante a elaboração da documentação é importante a utilização de formatos e ferramentas que sejam universais pois isto permite que estas sejam utilizadas em diferentes plataformas. Os projetos do CTA são desenvolvidos em *software* livre visando, com isto, a sua disseminação de uma forma ampla e sem restrições.

Uma documentação de qualidade, incluindo a sua disponibilidade e reprodutibilidade, fortalece o espírito do HAL estimulando, e facilitando, a participação no próprio projeto e em suas derivações. Um ótimo exemplo desta prática é o da impressora RepRap (JONES et al., 2011) que rapidamente se tornou um sucesso e criou uma grande comunidade de usuários e desenvolvedores.

2.2 Comunicação e memória

A comunicação e a memória dos grupos e comunidades que se organizam em projetos no CTA é realizada pela apropriação das ferramentas utilizadas por projetos colaborativos e distribuídos bem sucedidos como por exemplo o kernel Linux e a Wikipédia.

Naturalmente, um grupo que se propõe a fomentar e se adequar aos novos paradigmas culturais alinhados com os conceitos de abertura que mencionamos, acaba se diferenciando também em outros aspectos de sua estrutura organizacional. Citamos a seguir algumas das ferramentas e práticas utilizadas no CTA.

Website para gestão e documentação de projetos

O site do CTA¹ conta atualmente com uma instância de um sistema de gestão de projetos chamado ChiliProject², inspirado no Repositório de *Hardware* Aberto do CERN³. A partir da página inicial do site, o visitante tem acesso a diversas plataformas de registros utilizadas pelo grupo, sendo também convidado para participar delas. Pode ser encontrada a lista de fóruns, Wiki de suporte e lista de projetos destacados. Temos buscado a apresentação de uma página inicial clara, interessante e simples. Apesar dos grandes avanços no último ano, manter a organização de modo a destacar o conteúdo de acordo com a sua relevância tem se mostrado um desafio.

O site é organizado sob projetos, cada um podendo conter uma Wiki, sistema de tarefas, fórum, repositório de arquivos, entre outras funcionalidades que facilitam a organização de equipes de desenvolvimento bem como de espaço para registro e documentação dos projetos e comunicação entre os interessados. As funcionalidades podem ser ativadas e desativadas pelo mantenedor do projeto.

Fóruns

Cada projeto pode contar com fóruns para discussão *online*. Na utilização dos fóruns para os nossos projetos procuramos integrar tanto os desenvolvedores dos projetos quanto a comunidade externa que não está necessariamente vinculada à universidade. Como os projetos têm conceitos frequentemente interligados, procuramos discutir os assuntos comuns no fórum do suporte, onde temos discussão sobre as ferramentas utilizadas (como tutoriais, perguntas e dicas), discussão sobre as práticas do CTA, instruções e dicas sobre como colaborar com o Centro. O fórum de encontros periódicos é o fórum tipicamente mais ativo do site.

Dinâmica de reuniões

Realizamos encontros semanais, em formato presencial, com a finalidade de colocar em contato os colaboradores do CTA e outras pessoas interessadas no nosso trabalho. São encontros que integram as pessoas, os projetos e as ideias que permeiam o Centro. Cada encontro é iniciado com uma apresentação de tema variado. Podem ser expostos os desenvolvimentos de trabalho dos membros da equipe como também ocorrem discussões organizacionais ou dos fundamentos e diretrizes de trabalho, palestras diversas, estudos de casos onde conhecemos trabalhos desenvolvidos externamente. As apresentações são tipicamente proferidas pelos participantes do CTA, porém, frequentemente recebemos convidados especiais ou visitantes que dirigem a apresentação semanal.

Cada reunião é gerida por um gestor encarregado de redigir e organizar a pauta, coordenar a reunião e elaborar o relato e encaminhamentos do encontro. As pautas e encaminhamentos de cada reunião são expostas no fórum de suporte, nos "Encontros Periódicos"⁴. Nessa dinâmica de reunião, observamos como alguns pontos positivos, como o fato de os papéis de gestor e apresentador serem rotativos. Assim todos os participantes do CTA têm a oportunidade de assumir estes papéis com o intervalo de algumas semanas. Esta é uma forma garantir que todos adquiram experiência nestes papéis e é também a forma de distribuir tarefas administrativas entre os participantes. Outro ponto positivo é a atualização dos assuntos expostos nas apresentações, de forma que os apresentadores adquirem maturidade na apresentação de seus temas e recebem sugestões para encaminhamentos futuros. Os encontros são abertos para a participação de todos os interessados e almejamos, no futuro, proporcionar a participação *online* das reuniões a fim de tornar a reunião semanal mais inclusiva.

Lista de e-mails

Complementamos a comunicação *online* utilizando listas de *e-mails*. Alguns projetos optaram por utilizar lista de *emails* e também contamos com uma lista geral do CTA (*cta-adm-l*) e uma lista para assuntos internos. Para os interessados no CTA, a lista mais recomendada é a lista geral do CTA. Nesta lista costuma-se informar sobre eventos, sobre as reuniões e anúncios e discussões em tópicos de interesse. A lista de assuntos internos é uma lista em que se discutem certas trivialidades cotidianas e tarefas em andamento.

GitLab como gestor de repositórios git

O git é um dos mais importantes e poderosos sistemas de controle de versão distribuída. Foi originalmente concebido para controle de versão de grandes projetos de *software* colaborativos, mas também pode ser utilizado para qualquer tipo de projeto. O servidor do CTA abriga uma Instância do GitLab, um gerenciador de repositórios git que permite aos desenvolvedores armazenarem seus projetos e controlarem as suas versões⁵.

Oficinas

O CTA oferece regularmente oficinas de introdução às ferramentas livres utilizadas para o desenvolvimento de seus projetos assim como oficinas específicas aos projetos. Possuímos uma página chamada "Portfólio de Oficinas"⁶ na qual listamos e registramos materiais e referências de algumas das oficinas ministradas, mantendo um registro que facilita o reoferecimento das oficinas e a evolução do seu material de apoio. Existe um especial cuidado para que o material disponibilizado tenha licenças permissivas e seja confeccionado integralmente em *software* livre, permitindo a sua derivação. As oficinas são elementos catalisadores no compartilhamento do conhecimento produzido no CTA para a comunidade em geral, abrindo canais para a formação de uma comunidade consciente dos projetos desenvolvidos pelo Centro e engajada neles.

2.3 Infraestrutura para o desenvolvimento de HAL: a Bancada dos hiperobjetos:

Identificando que a carência de infraestrutura aberta e ferramentas de desenho livres limitam as possibilidades de criação de *hardware* de acordo com os princípios de abertura e liberdade do conhecimento, o CTA se propôs a atuar neste elo fraco da cadeia produtiva dos HAL, concebendo o conceito da Bancada dos Hiperobjetos (PEZZI, 2015). O fortalecimento deste elo é importante para ampliar as possibilidades de criação (desenho e fabricação) de HAL efetivamente documentado de acordo com os princípios citados na seção 1.

Esta bancada é composta por i) um conjunto de máquinas de fabricação digital e tem por objetivo a materialização dos hiperobjetos e ii) as ferramentas digitais para desenho e simulação dos componentes de *hardware*. A intenção é que as máquinas da bancada sejam autoreplicantes, assim como o que ocorreu com a impressora 3D Reprap (JONES et al., 2011), pois esta liberdade estimula a inovação e a colaboração no desenvolvimento da própria bancada.

A bancada de hiperobjetos sendo desenvolvida com estes princípios visa a abrir o caminho para que boas práticas de desenvolvimento colaborativo se fixem na comunidade e, com isto, que padrões e parâmetros para o desenvolvimento de HAL sejam estabelecidos. Atualmente, o desenvolvimento de HAL apresenta dificuldades devido à carência de *softwares* livres para CAD (*computer aided design*) com funcionalidades equivalentes às dos *software* proprietários para algumas áreas, dificultando a criação de hiperobjetos mais complexos. Ou seja, para que os conceitos de liberdade necessários na elaboração de hiperobjetos sejam atingidos, o desenvolvimento de CADs livres de alto nível é essencial.

Recentemente, o projeto KiCad⁷ realizou um grande avanço nas possibilidades relacionadas ao desenvolvimento de circuitos eletrônicos ao disponibilizar um *software* livre de alto nível e desempenho comparável às alternativas proprietárias. Com isto, efetivamente viabilizou a comunicação livre de, e entre, projetos de circuitos eletrônicos. Ansiamos por outros programas CAD livres capazes atuar em outras áreas de engenharia como desenhos mecânicos.

A principal dificuldade encontrada atualmente para o desenvolvimento de máquinas CNC que compõe a bancada de hiperobjetos, e que estejam de acordo com os critérios para os hiperobjetos é justamente a falta de um *software* CAD mecânico livre. Foi feita a opção pela aquisição de uma licença educacional de um CAD mecânico acessível compatível com GNU/Linux chamado VariCAD⁸. Infelizmente, isto faz com que a projetos mecânicos complexos não sejam produzidos totalmente de acordo com os princípios declarados de HAL.

Na seção 4 descrevemos o projeto da primeira máquina elaborada no Centro de Tecnologia Acadêmica para integrar a bancada dos hiperobjetos, a Fresadora PCI João-de-Barro, desenvolvida pelo engenheiro Germano Postal, principal desenvolvedor das máquinas da bancada de Hiperobjetos.

Notas:

¹. Centro de Tecnologia Acadêmica. Disponível em <http://cta.if.ufrgs.br/>. Acessado em 08 de Janeiro de 2016. ↩

². Página do sistema ChiliProject. Disponível em <https://www.chiliproject.org/>. Acessado em 08 de Janeiro de 2016. ↩

³. *Open Hardware Repository*. Disponível em <http://www.ohwr.org/>. Acessado em 08 de Janeiro de 2016. ↩

⁴. Fórum Encontros Periódicos do CTA. Disponível em <http://cta.if.ufrgs.br/projects/suporte-cta/boards/7> . Acessado em 08 de Janeiro de 2016. ↩

⁵. Repositório Git do CTA. Disponível em <https://git.cta.if.ufrgs.br/> . Acessado em 08 de Janeiro de 2016. ↩

⁶. Portfólio de Oficinas do CTA. Disponível em http://cta.if.ufrgs.br/projects/suporte-cta/wiki/Portf%C3%B3lio_de_Oficinas . Acessado em 08 de Janeiro de 2016. ↩

⁷. Página do software KiCAD. Disponível em <http://kicad-pcb.org> . Acessado em 29 de Novembro de 2015. ↩

⁸. <https://www.varicad.com> acessado em 07 de Julho de 2015. ↩

3. O Centro de Tecnologia Acadêmica Jr. CAp UFRGS

Dadas as novas dinâmicas informacionais, a necessidade de atualizar a cultura institucional na academia também existe quando se trata da educação básica. Dessa maneira, pesquisa e desenvolvimento de tecnologias acadêmicas se mostram importantes não apenas na universidade, mas em todo o sistema educacional; com isso, encontramos o desafio de atualizar a cultura escolar às novas dinâmicas. A partir dessa necessidade surge no Colégio de Aplicação (CAp) da UFRGS, em 2013 — um ano após a criação do CTA — a sede do laboratório no colégio com o objetivo de levar as tecnologias acadêmicas desenvolvidas pelo CTA para a educação básica; a essa sede foi dado o nome CTA Jr.

O CTA Jr. foi iniciado com foco no projeto Estações Meteorológicas Modulares (EMM)¹, cujo sucesso depende da instalação de unidades funcionais das estações meteorológicas por cidadãos ou instituições — principalmente, escolas. As primeiras atividades foram oficinas de introdução à plataforma Arduino (base das EMM) e montagem de protótipos de circuitos demonstrativos em *proto-board*, em paralelo a uma disciplina eletiva de física da atmosfera, oferecida a alunos de ensino médio; essas atividades se deram até o final daquele ano.

A partir do ano seguinte, já com um espaço físico próprio, o CTA Jr. se tornou um ambiente aberto de estudo e desenvolvimento de tecnologias acadêmicas para alunos do colégio e mesmo da universidade. É um espaço do qual qualquer aluno interessado pode se apropriar para se familiarizar aos ideais e projetos desenvolvidos, e, eventualmente, se juntar ao grupo de algum projeto ou iniciar/continuar um diferente.

A dinâmica do CTA Jr. se dá da seguinte maneira: alguns projetos são escolhidos para inscrição em editais para que os alunos envolvidos recebam bolsas de Iniciação Científica Júnior (IC-Jr.); para cada um desses projetos, um aluno do ensino superior (geralmente já familiarizado com o CTA) trabalha auxiliando os alunos que o desenvolvem. Os alunos que não têm bolsa IC-Jr. podem participar tanto de um projeto escolhido quanto de outros projetos como voluntários ou como matriculados na disciplina eletiva CTA Jr. Os novos interessados, que se aproximam por curiosidade, são recebidos e apresentados ao espaço e às possibilidades de atividades pelos veteranos. Devido à proximidade do CAp ao Instituto de Física da UFRGS, alunos do CTA Jr. também frequentam o espaço físico do CTA, o que os fornece, além de acesso a um número maior de ferramentas, interação direta com o trabalho do CTA e seus integrantes. Cabe enfatizar que o elevado interesse dos alunos, como demonstrado pela participação voluntária e a matrícula nas disciplinas eletivas são evidência de que o sistema de bolsas IC-Jr para alunos da educação básica não é fundamental para o sucesso da iniciativa.

Como há projetos de fato **desenvolvidos** — não apenas reproduzidos — no CTA Jr CAp. (em alguns casos, diretamente em conjunto com o CTA IF/UFRGS), os alunos envolvidos nesses projetos se integram à prática e a cultura do conhecimento aberto. De fato desenvolver habilidades de documentação, no uso de ferramentas livres e licenciamento; tornando-os aptos não apenas ao uso de novas tecnologias, mas à apropriação efetiva destas tecnologias e capacitação ao trabalho colaborativo. O fato de estar produzindo conhecimento novo também serve como estímulo ao aprendizado; e até mesmo a documentação de projetos, tarefa comumente considerada enfadonha, pode se tornar incentivadora quando alunos da educação básica percebem que seu trabalho está disponibilizado e será usado pela comunidade lado a lado ao trabalho desenvolvido na universidade.

A criação de modelos computacionais em física utilizando a linguagem de programação Python/Vpython², o desenvolvimento de um braço mecânico simples (BRAMESIM)³ e a sirene escolar concebida a pedido da direção da escola⁴ são exemplos de projetos inteiramente desenvolvidos no CTA Jr.

O projeto de criação de modelos computacionais de física utilizando o Python/Vpython tem como objetivo favorecer a aquisição de competências e concepções associadas à modelagem computacional de sistemas, processos e fenômenos da natureza por parte dos estudantes do Ensino Médio do CAp. Assim, a estratégia didática da modelagem científica, considerada como uma atividade de exploração, criação e validação de modelos cuja finalidade é compreender a realidade, permite aos estudantes do CAp vivenciar em primeira pessoa a atividade científica de construção de seus próprios modelos computacionais, criando um ambiente em que é possível estabelecer uma conexão entre o mundo abstrato e o mundo concreto, ajudando-o a dar significado ao que é estudado, por meio da conceitualização, da experimentação e, mais recentemente, da simulação. Para Pierre Lévy (LÉVY, 1993), “o conhecimento por simulação é sem dúvida um dos novos gêneros de saber que a ecologia cognitiva informatizada transporta”. Nesse contexto, o computador torna-se uma ferramenta indispensável no processo de alfabetização científica e na criação de modelos, pois permite a construção, a experimentação e a reflexão sobre o que é criado de modo interativo, colaborativo e dinâmico. Segundo Lévy (LÉVY, 1993), “um modelo digital, não é lido ou interpretado como um texto clássico, ele é geralmente explorado de forma interativa”. Desse modo, os modelos são corrigidos e aperfeiçoados através de constantes simulações.

É perceptível que um ambiente como o CTA Jr. não apenas possibilita o aprendizado **de fato** de conteúdos didáticos (pelo fato de esses alunos estarem aplicando na prática conceitos propostos para a sala de aula), mas gera cidadãos capazes de a) produzir tecnologia, ciência ou qualquer outra forma de conhecimento independentemente de vínculos a instituições; b) disponibilizar aquilo que produzem de maneira que possa ser entendido, reproduzido e adaptado pela comunidade; c) questionar as informações que chegam até si (e.g., dados disponibilizados por autoridades governantes) com competência para examiná-las; e, enfim, d) questionar a própria cultura e estruturas da sociedade em que vivem. Uma educação básica geradora de tais cidadãos poderia ser chamada de **educação tecnológica emancipatória**; uma educação que gera, além de indivíduos dotados de informação, comunidades capacitadas a se apropriar da tecnologia e modificar a realidade em que estão inseridas.

Notas:

¹. CENTRO DE TECNOLOGIA ACADÊMICA. Estações meteorológicas Modulares: monitoramento climático e ambiental. Disponível em: <http://cta.if.ufrgs.br/projects/estacao-meteorologica-modular/wiki/Wiki>. Acessado em 4 de Janeiro de 2016. ↩

². CENTRO DE TECNOLOGIA ACADÊMICA. Modelagem computacional em Física utilizando Python e VPython. Disponível em: <http://cta.if.ufrgs.br/projects/modelagem-computacional-em-fisica-utilizando-python-e-vpython/wiki>. Acessado em 4 de Janeiro de 2016. ↩

³. CENTRO DE TECNOLOGIA ACADÊMICA. Bramesim - Braço Mecânico simples. Disponível em: <http://cta.if.ufrgs.br/projects/bramesim-braco-mecanico-simples/wiki>. Acessado em 4 de Janeiro de 2016. ↩

⁴. CENTRO DE TECNOLOGIA ACADÊMICA. Sirene Escolar Baseada em Arduino. Disponível em: <http://cta.if.ufrgs.br/projects/sirene-escolar-baseado-em-arduino/wiki>. Acessado em 6 de Janeiro de 2016. ↩

4. Exemplos de projetos do CTA

Abaixo são apresentados alguns dos principais projetos do Centro de Tecnologia Acadêmica que se enquadram na modalidade de tecnologias fim, como descrito anteriormente. Tais iniciativas ilustram a criação da infraestrutura para o desenvolvimento de *hardware* aberto e livre, projetos pedagógicos para uso em laboratórios de ensino e pesquisa, assim como projetos de ciência cidadã.

4.1 TropOS: o Sistema Operacional Portátil do Laboratório Livre

A maioria das atividades realizadas pelo CTA, tanto locais como as externas, necessitam do uso do computador. Uma grande dificuldade encontrada para a realização de oficinas refere-se à garantia dos computadores executarem as mesmas versões dos *softwares* necessários para a oficina. A saída encontrada para isto foi a personalização de uma distribuição GNU/Linux executada diretamente a partir de um *pendrive* que contém todas as ferramentas de *softwares* necessárias para as atividades. A nossa versão do GNU/Linux é chamada TropOS¹.

A uniformidade nas versões dos *softwares* rodando nos *pendrives* permite que as soluções pudessem ser facilmente compartilhadas por todos durante um curso, por exemplo. Devido ao seu desenvolvimento ser razoavelmente genérico sem apresentar dependência em *hardware* específico para o seu funcionamento, espera-se que o TropOS funcione em qualquer computador pessoal compatível com arquitetura PC de 32-bit - que são praticamente todos os computadores pessoais. Com esta abordagem, é necessário manter um único sistema ao mesmo tempo em que existem muitos usuários para testá-la, tornado simples a verificação de problemas e o auxílio aos usuários.

O TropOS é uma distribuição GNU/Linux baseada no Debian² feita especialmente para Laboratórios Pesquisa e Ensino. Esta distribuição acompanha pacotes específicos para atividades de pesquisa científica e ensino de física, astronomia, eletrônica, matemática, geografia, geologia e atividades artísticas. É um sistema operacional completo que pode ser utilizado sem a necessidade de instalação no computador, basta executá-lo através da inicialização do sistema a partir de *pendrive* inicializável. É ótimo para um primeiro contato com um sistema operacional livre sem a necessidade de instalá-lo e com a conveniência de permitir a instalação de mais programas. As informações de como criar um *pendrive* com o TropOS ou até mesmo como criar uma nova versão personalizada do Debian estão disponíveis na Wiki do TropOS. Também são disponibilizados fóruns e as demais estruturas comuns aos projetos mantidos pelo CTA para formação de comunidade.

4.2 Fresadora PCI João-de-barro

A primeira contribuição do CTA para as máquinas de fabricação digital da Bancada de Hiperobjetos consiste em uma máquina de prototipagem ou fabricação em pequena escala de placas de circuitos eletrônicos: a Fresadora PCI João-de-barro³. Dada a existência de impressoras 3D de baixo custo, consideramos a fresadora de placas de circuito impresso (PCI) o próximo passo no desenvolvimento da bancada. Ela se enquadra em custo e nível de complexidade um pouco superior às impressoras 3D, mas bem inferior aos de máquinas CNC's (do inglês *Computer Numeric Control*, ou controle numérico computadorizado) de maior porte como aquelas para corte de peças metálicas, tais como engrenagens, que serão desenvolvidas como HAL no futuro próximo.

Fresadoras equivalentes atualmente encontradas no mercado possuem um preço elevado, o que impossibilita que escolas, laboratórios de ensino, pequenos laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, oficinas e hackerspaces disponham de uma. O método convencional para a produção de placas de circuito impresso consiste na corrosão química da camada de cobre da placa seguida pela furação manual para fixação dos terminais dos componentes eletrônicos. É um processo lento e trabalhoso, de risco considerável, potencialmente nocivo ao meio ambiente, cuja complexidade pode comprometer a qualidade dos protótipos.

O baixo custo de fabricação da Fresadora PCI João-de-Barro, sua precisão e qualidade e seus atributos de HAL se apresentam como uma solução aos problemas apresentados. O projeto está disponível de maneira aberta e livre para a comunidade. Por ser um *hardware* aberto e livre (HAL), sua documentação está licenciada sob termos da licença de *hardware* aberto do CERN Ver. 1.2⁴, o que permite que qualquer interessado possa usar, estudar, fabricar, comercializar e modificar sua versão da Fresadora PCI João-de-Barro desde que respeite os termos da licença. Além disso, os *softwares* necessários para sua operação - KiCad, FlatCam, Universal G-Code Sender - são todos livres.

A Fresadora PCI João-de-barro é uma máquina capaz de criar trilhas e realizar a furação em placas de circuito impresso para confecção de equipamentos eletrônicos através de comandos numéricos computadorizados (sigla CNC). Tais trilhas criam o isolamento necessário para que haja contato elétrico apenas entre componentes desejados a serem posicionados e soldados posteriormente na placa de circuitos. Em analogia ao pássaro que constrói seu ninho e simboliza a ideia de liberdade, a Fresadora ganhou o nome de João-de-Barro, fazendo ainda menção à origem gaúcha da máquina.

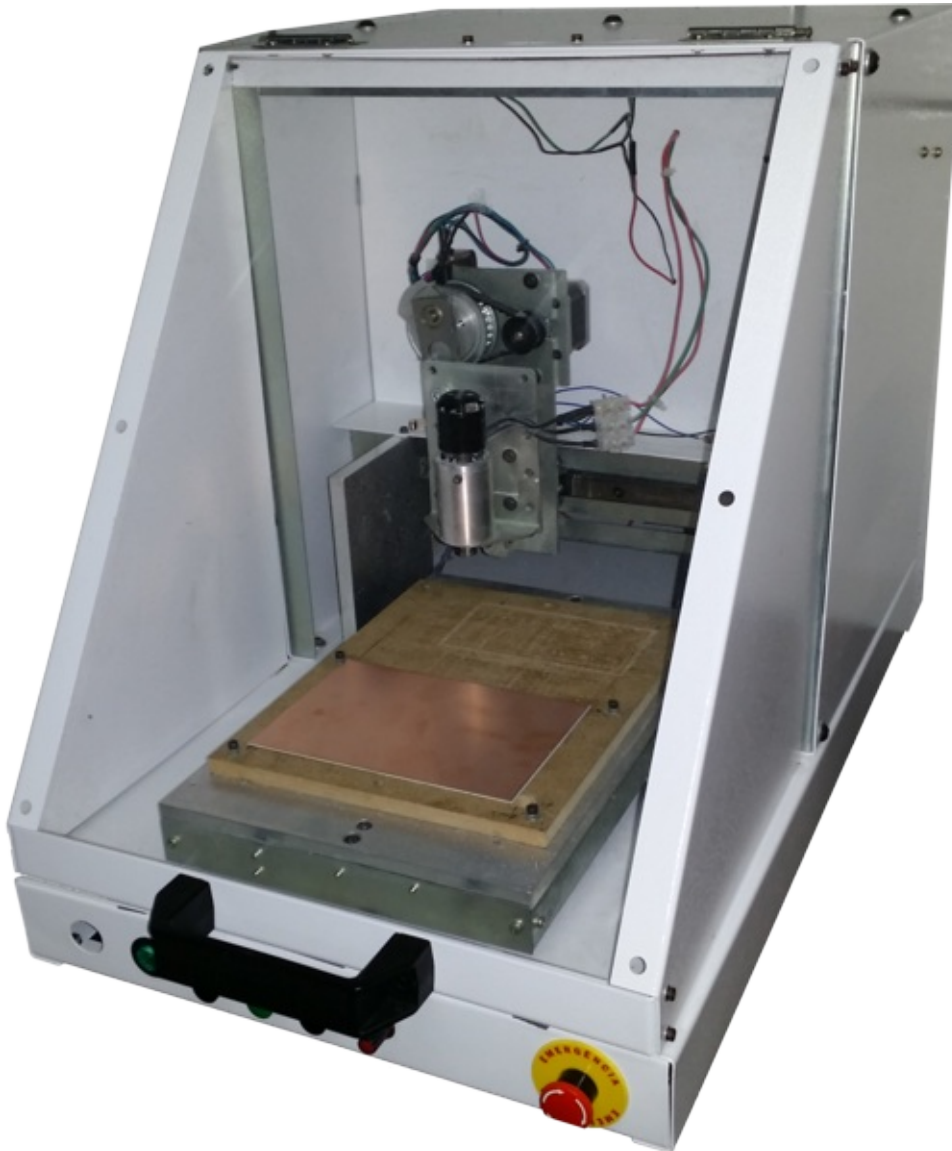


Figure: O primeiro protótipo da Fresadora PCI João-de-barro

O seu desenvolvimento teve como objetivo projetar a máquina para que seja de fácil fabricação e manutenção, baixo custo, fácil obtenção das peças, sem comprometer sua qualidade. É robusta, com precisão de 12.5 micrômetros e área de trabalho de 200 mm x 150 mm. É capaz de fresar sua própria placa de controle, o que facilita seu processo de replicação. Agilizando e facilitando o processo de prototipagem, com ela foi possível produzir várias placas de diferentes projetos do CTA⁵, cujos projetos estão todos disponíveis como hiperobjetos. Após o lançamento da primeira versão, seu desenvolvimento continua e pode ser acompanhado pelo fórum⁶. O projeto de uma fresadora mais robusta para usinagem de materiais mais resistentes como plástico e até metais está sendo elaborada.

4.3 Shield Arduino Básico

O Arduino é uma placa de prototipagem de eletrônicos de código aberto que tem popularizado o desenvolvimento de projetos digitais. Se mostrou uma porta de entrada para entusiastas interessados em eletrônica e programação, de modo que são usuais as oficinas de Arduino em escolas, eventos e feiras de tecnologias. O CTA oferece regularmente oficinas de introdução ao Arduino e seus participantes identificaram a familiarização com a *proto-board* e a montagem de circuitos eletrônicos simples como sendo a etapa limitante destas atividades, mesmo quando o foco é a programação do dispositivo. Assim decidiu-se criar o Shield Arduino Básico⁷ que consiste em um projeto de uma placa dedicada à introdução à programação para uso em oficinas de Arduino que dispunham de curtos períodos de tempo sem que necessitasse da montagem de um circuito eletrônico simples numa placa de ensaio (*proto-board*). A placa foi desenhada com o auxílio do *software* livre KICAD e pode ser confeccionada com a Fresadora PCI João-de-Barro.

Este projeto consiste de uma placa de circuito impressa que, integrada à placa Arduino, fornece um instrumento para programação básica e aquisição de dados utilizando o Arduino. O *Shield* Arduino Básico permite que o usuário realize todas atividades de exemplo da plataforma Arduino, tais como controlar LED's (diodo emissor de luz, ou *Light Emitting Diode* do inglês) e adquirir dados de luminosidade através de um resistor dependente de luz (LDR, ou *Light Dependent Resistor*).

Assim, o *Shield* Arduino Básico possibilita a inserção de um instrumento de ensino tecnológico básico em diversos espaços e atividades pedagógicas de forma prática e com baixo custo. A plataforma Arduino em si trouxe um grande avanço no acesso à educação tecnológica, e o *Shield* traz suporte a essa plataforma. A documentação livre do projeto, além de seu desenvolvimento através de ferramentas livres, torna o *Shield* Arduino Básico um *hardware* aberto e livre (HAL), atingindo um dos objetivos do Centro de Tecnologia Acadêmica.

4.4 *Shield* amplificador de instrumentação

O *Shield* Amplificador de Instrumentação foi desenhado para amplificação e aquisição de dados correspondente a sinais de baixa intensidade com um Arduino em um sistema de alto desempenho e baixo custo. Permite a amplificação de sinais negativos, que, através de um bit de sinal e um retificador ideal, duplica a resolução da conversão analógica digital do Arduino para sinais alternados. Este projeto foi desenvolvido em uma parceria entre o Setor de Eletrônica do Instituto de Física e o Centro de Tecnologia Acadêmica da UFRGS para apoiar as atividades do curso de Instrumentação Física oferecido para estudantes de Bacharelado em Engenharia Física, mas tem potencial aplicação em outras áreas de engenharias e de nível técnico. As características do projeto o tornam ideal para a utilização em projetos científicos e tecnológicos.

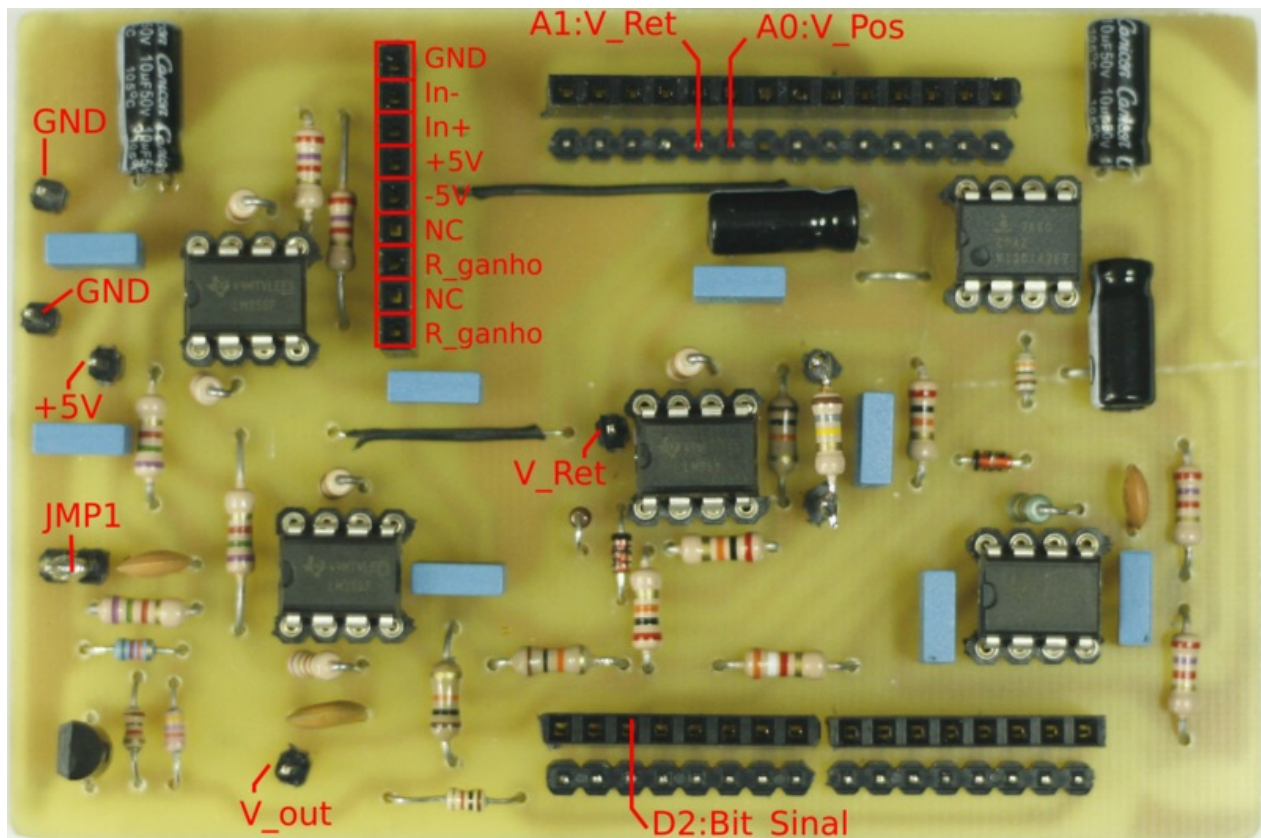


Figure: Shield amplificador de instrumentação com indicação das suas conexões

O repositório do projeto⁸ contém os arquivos fonte do esquemático e placa de circuito impresso em projeto KiCAD, que foi projetada para ser facilmente confeccionada com a Fresadora PCI João-de-Barro. O projeto está disponível sob os termos da Licença de *Hardware* Aberto do CERN ver 1.2. Além disso, o repositório contém notas técnicas com descrições do funcionamento dos principais estágios do circuito e orientações para sua calibração.

4.5 Estações meteorológicas modulares

Fenômenos extremos, tanto naturais como de origem antropogênica cada vez mais despertam as atenções em todo o mundo, tanto pelo aumento de frequência como da sua severidade. Vivemos em um tempo no qual ações são necessárias a fim de reduzir os impactos negativos das ações humanas no planeta. Para que estas atitudes sejam conscientes e esclarecidas, é importante trazer à atenção do cidadão as questões climáticas e ambientais.

O projeto das Estações Meteorológicas Modulares visa a atingir este objetivo através do engajamento cidadão em ações de monitoramento climático e ambiental, pela aplicação de estações meteorológicas modulares na formação de redes de coleta e análise de dados meteorológicos e ambientais. É fruto de uma parceria entre o CTA, o Colégio de Aplicação (CAp) e o Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM) da UFRGS. Esperamos que dê origem a uma rede de coleta de dados meteorológicos mais densas que aquelas compostas por estações institucionais, que seja capaz de monitorar microclimas com instrumentos abertos, de baixo custo e fácil reprodução e cujos resultados de medidas sejam disponíveis abertamente.

Com essas condições favoráveis satisfeitas, esperamos que estes instrumentos sejam instalados também em instituições de capacidade financeira mais modestas como escolas, institutos de pesquisa, propriedades rurais, associações de moradores. Em ambientes escolares, a instrumentação da estação ou partes dela poderão ser utilizadas para aquisição de dados ao mesmo tempo em que são utilizadas em atividades de ensino e pesquisa. Além disso, a utilização dos instrumentos em atividades pedagógicas tem grande potencial na formação de cidadãos capazes de estudar e modificar, operar e calibrar a estação, qualificando-os para manter a rede de monitoramento climática e ambiental como também para o desenvolvimento de novas tecnologias a partir das habilidades adquiridas.

Essa participação cidadã pode ser chamada de **ciência cidadã**, que se enquadra em um caso específico de *crowdsourcing*, que pode ser entendido de maneira simplificada como processo de construção pelas multidões⁹. Esta abordagem expande o trabalho que teoricamente poderia ser feito por um grupo limitado de pessoas para uma comunidade aberta. A ciência cidadã recai no caso específico da contribuição de "cidadãos voluntários" na obtenção de dados, resultados e interpretações. A participação cidadã em massa é um processo que viabiliza iniciativas científicas que apresentariam custos proibitivos ou mesmo que seriam impraticáveis sem essa colaboração (SOARES; SANTOS, 2011).

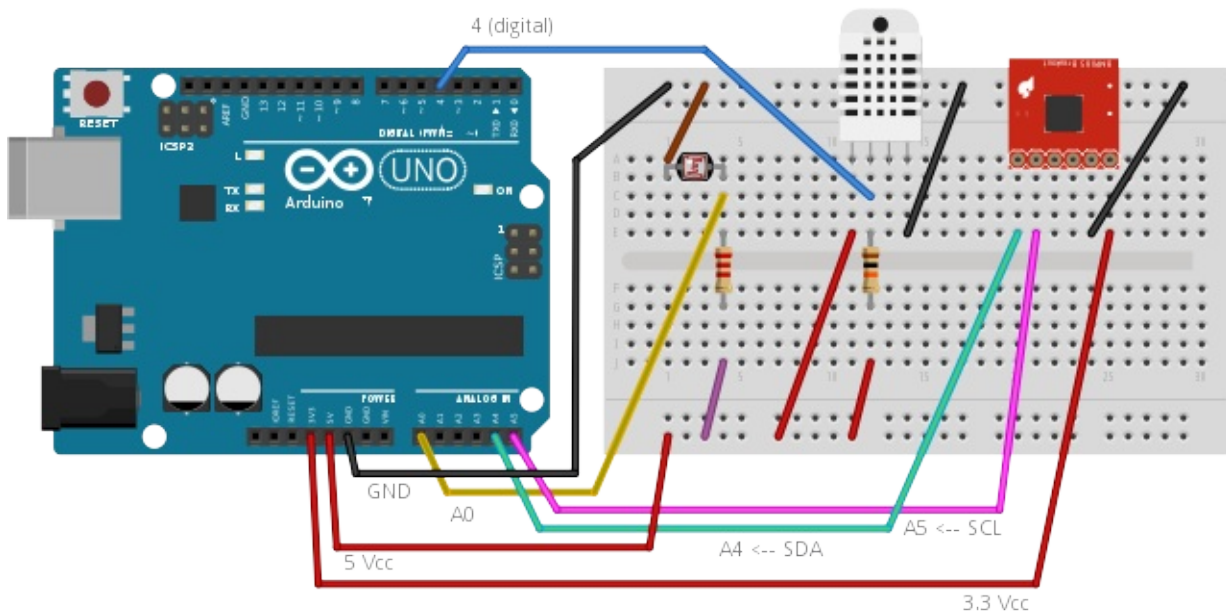


Figure: Representação de protótipo educacional uma Estação Meteorológica Modular em protoboard

A documentação do projeto é distribuída sob a licença Creative Commons BY-SA 4.0, pode ser encontrada na wiki do projeto¹⁰ onde constam os materiais de desenvolvimento como o *firmware* do Arduino e o código python para a coleta de dados, o desenho do suporte e abrigo da estação, desenhado pelos estudantes do CAp, assim como os diagramas dos circuitos eletrônicos, como ilustrado na figura. A versão mais atual da estação é capaz de monitorar temperatura, pressão, umidade relativa do ar e luminosidade e compartilhar os dados coletados através do servidor de dados abertos do CTA. A modularidade possibilita a adição e seleção de módulos à EMM, permitindo a adaptação do projeto para medição de outros parâmetros assim como para aplicações distintas de acordo com as demandas locais.

Os trabalhos desenvolvidos até o momento resultaram no artigo "Estações meteorológicas de código aberto: Um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico" (SILVA et al., 2015), publicado na Revista Brasileira de Ensino de Física em Março de 2015. O artigo descreve o desenvolvimento da Estação Meteorológica Modular, a calibração dos sensores e a comparação entre medidas obtidas com o primeiro protótipo da EMM e com uma estação meteorológica do CEP SRM.

Notas:

¹. TropOS - o Sistema Operacional PORTátil do laboratório livre. Disponível em: <http://cta.if.ufrgs.br/tropos>. Acessado em 4 de Janeiro de 2016. ←

². Debian, O sistema operacional universal; ←

³. Fresadora João-de-Barro. Disponível em: <http://cta.if.ufrgs.br/pci-jb>. Acessado em 7 de Janeiro de 2016. ←

⁴. CONSEIL EUROPÉEN POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE, CERN Open Hardware Licence v1.2. Disponível em: <http://www.ohwr.org/documents/294>. Acessado em 7 de Janeiro de 2016. ←

⁵. Lista de placas criadas para a Fresadora PCI João-de-Barro. Disponível em: http://cta.if.ufrgs.br/projects/fresadora-pci-joao-de-barro/wiki/Lista_de_placas_-_Fresadora_PCI_João-de-Barro. Acessado em 7 de Janeiro de 2016. ←

6. Estado atual do desenvolvimento da JB. Disponível em: <http://cta.if.ufrgs.br/boards/4/topics/5>. Acessado em 7 de Janeiro de 2016. ↩
7. Shiels Arduino Básico. Disponível em: <http://cta.if.ufrgs.br/projects/shield-arduino-basico/wiki/>. Acessado em 8 de Janeiro de 2016. ↩
8. Centro de Tecnologia Acadêmica IF/UFRGS. <https://git.cta.if.ufrgs.br/CTA/shield-AI>. Acessado em 25 de Agosto de 2015. ↩
9. HOWE, J. (2006a) 'Crowdsourcing: A Definition', Crowdsourcing: Tracking the Rise of the Amateur (weblog, 2 June). Disponível em: http://crowdsourcing.typepad.com/cs/2006/06/crowdsourcing_a.html. Acesso em: 04 nov. 2015. ↩
10. Estações meteorológicas Modulares: monitoramento climático e ambiental. Disponível em: <http://cta.if.ufrgs.br/projects/estacao-meteorologica-modular/wiki/Wiki>. Acessado em 4 de Janeiro de 2016. ↩
11. FREE SOFTWARE FOUNDATION. O que é software livre? Disponível em : <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html>. Tradução: Rafael Beraldo. Acessado em 4 de Janeiro de 2016. ↩
12. Fab Lab. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Fab_lab. Acessado em 7 de Janeiro de 2016 ↩

5. Empreendedorismo aberto

As mudanças nas condições de produção e circulação da informação, do conhecimento e da cultura também trazem novas oportunidades e desafios para o mercado. Se por um lado a crença de que a viabilidade econômica de investimentos em inovação precisam ser baseados em monopólios viabilizados por segredos industriais, comerciais e outras formas de propriedade intelectual está sendo erodida pelo sucesso demonstrado de empreendedorismo aberto, por outro, o crescimento da demanda por tecnologias não limitadas pelos monopólios e a redução de custos associadas aos mecanismos de inovação de código aberto têm mostrado que as tecnologias livres e abertas são alternativas de potencial interesse nas novas lógicas de mercado.

O mercado de tecnologias livres teve sua origem nos anos 90 através do *software* livre. Este mercado tem crescido e pode ser ilustrado com o exemplo da RedHat, uma empresa que oferece soluções de *software* livre e serviços relacionados. Esta empresa declarou, no ano fiscal que se encerrou em fevereiro de 2015, um faturamento de US\$ 1.79 bilhões, com lucro de US\$ 180 milhões no ano¹. Também existem milhares de pequenas e médias empresas de desenvolvimento, suporte e treinamento de *software* livre.

O princípios dos modelos de negócio abertos que usualmente eram aplicados até então somente para o *software* livre, começaram a ser adaptados para o mercado de *hardware* aberto e livre. Empresas relativamente recentes, tais como Adafruit² e SparkFun³, têm se mantido em plena expansão por meio de negócios colaborativos utilizando *hardware* aberto e livre. Para o CEO (do inglês *Chief Executive Officer*, ou diretor executivo) da Sparkfun, Nate Seidle, empresas que confiam demais em sua propriedade intelectual, acabam ficando defasadas, sofrendo de "obesidade de propriedade intelectual", assim que a tecnologia muda⁴. A Sparkfun é uma empresa desenvolvedora de componentes eletrônicos diversos, com faturamento acumulado em 75 milhões de dólares desde sua fundação em 2003 até o final de 2012⁴, atingindo no ano de 2011 um faturamento de US\$ 18.3 milhões⁵. Esta empresa é expoente dentro de um cenário com outras empresas desenvolvedoras de *hardware* aberto e livre com faturamentos milionários⁶.

Um desafio a ser superado reside em desconstruir a crença de que a abertura de um empreendimento o faz perder a capacidade de lucrar. Não há correlação direta entre estes fatores, tendo em vista os casos de prosperidade mencionados anteriormente, o que remete também à distinção de abertura e liberdade para gratuidade. A verdadeira mudança se apresenta na forma de organização do desenvolvimento do produto e não na sua rentabilidade.

É preciso avançar nos modelos de negócios que fazem uso de licenças permissivas e ao mesmo tempo não atuam de forma predatória aos grupos que criam e mantêm a base da tecnologia livre e aberta. Este é um cenário recente, e é necessário que seja explorado e diversificado, que mantenha uma relação ética e se integre à ecologia de desenvolvimento das tecnologias livres e abertas, colaborando para sua melhoria e diversificação.

O Centro de Tecnologia Acadêmica disponibiliza suas tecnologias e ferramentas para o empreendedorismo aberto. Ao licenciar seus projetos com licenças permissivas, convida aqueles que têm contato com seus projetos a se apropriarem de sua tecnologia, tanto em suas atividades acadêmicas, como também para integração em atividades econômicas, sem discriminação e livre de cobrança de *royalties*. Com isto esperamos também estimular a capacidade empreendedora dos alunos que tem contato com estas tecnologias.

Notas:

¹. RedHat Financial Statements <http://investors.redhat.com/financials-statements.cfm> Acesso em 8 de Janeiro de 2016. ↩

². Adafruit Industries. Disponível em: <https://www.adafruit.com/about>. Acessado em 8 de Janeiro de 2016. ↩

³. Sparkfun Electronics. Disponível em: <https://www.sparkfun.com/>. Acessado em 8 de Janeiro de 2016. ↩

⁴. Nate Seidle. Business Hat. Disponível em: <https://www.sparkfun.com/news/963>. Acessado em 9 de Janeiro de 2016. ↩

⁵. Nate Seidle. IP Obesity. Disponível em: <https://www.sparkfun.com/news/599>. Acessado em 9 de Janeiro de 2016. ↩

⁶. Limor Fried and Phillip Torrone. Million dollar baby: Businesses designing and selling open source hardware, making millions. Disponível em <https://www.sparkfun.com/tutorial/news/fooeastignite2010.pdf>. Acessado em 9 de Janeiro de 2016 ↩

6. Considerações Finais

A declaração de HAL idealiza que "*hardware de código aberto utiliza componentes e materiais facilmente acessíveis, processos padrões, infraestrutura aberta, conteúdo irrestrito, e ferramentas de desenho livres para maximizar a possibilidade dos indivíduos fazerem e utilizarem o hardware*". Porém a carência de infraestrutura aberta e ferramentas de desenho livres limitam as possibilidades de criação de *hardware* de acordo com os princípios de abertura e liberdade. Esta é uma deficiência que reduz o alcance e o impacto de iniciativas que buscam popularizar a fabricação digital e que podem até prejudicar o entendimento do que efetivamente é HAL.

Um exemplo de popularização dos meios de fabricação digital e distribuída são os chamados FabLabs, laboratórios de fabricação, que contam com máquinas de fabricação digital tais como fresadoras de controle numérico computadorizado, impressoras 3D entre outras máquinas para execução de projetos. É uma iniciativa interessante que, por um lado, visa a aproximação entre instrumentos de prototipagem e produção e as pessoas interessadas, aumentando e difundindo a cultura da produção de *hardware* ou cultura *maker*, por outro, conta com equipamentos de elevado custo financeiro, que também perpetua a necessidade de uso dos *softwares* proprietários que os acompanham, dificultando a criação *hardware* e sua documentação que esteja alinhado com a definição de HAL. Este modelo colabora (negativamente) para a carência de padrões de arquivos e programas livres para desenho e modificação de projetos uma vez que propagam e disseminam ferramentas proprietárias e infraestrutura fechada em meio à cultura *maker*. Além disso, não é garantido que um projeto desenvolvido em um determinado *software/hardware* proprietário poderá ser adaptado ou construído em outro equivalente. É aqui que os pontos de infraestrutura aberta, padrões abertos e *software* livre, presentes nas definições do *hardware* aberto e livre, se fazem importantes, pois é com eles que qualquer projeto poderá, em princípio, ser replicado sem maiores dificuldades. São os pontos que estimulam/viabilizam a criação de comunidades de usuários e desenvolvedores de HAL.

O Centro de Tecnologia Acadêmica do IF/UFRGS tem atuado no desenvolvimento da infraestrutura aberta que eventualmente viabilizará a construção de FabLabs realmente livres. Faz isso pela promoção do conceito da bancada dos hiperobjetos e o desenvolvimento de máquinas de fabricação digital que a compõe, a exemplo da Fresadora PCI João-de-barro.

Para atingir os objetivos de organização e documentação de projetos, os participantes do CTA se empoderaram das ferramentas utilizadas por projetos colaborativos e distribuídos bem sucedidos. Destacamos projetos de infraestrutura, como a Fresadora PCI João-de-Barro, projetos de ensino de engenharia, programação e aquisição de dados através dos *Shields* Amplificador de Instrumentação e Arduino básico e projetos de ciência cidadã através do projeto das Estações Meteorológicas Modulares.

O CTA alia-se ao Colégio de Aplicação da UFRGS para atuar além do ambiente universitário, alcançando também o ensino básico através do CTA Jr, onde também são aplicados os conceitos de liberdade e abertura do conhecimento e são promovidas as ferramentas e práticas para potencializar a expansão do conhecimento acadêmico.

Por fim, também promovemos empreendedorismo aberto através de projetos que são livres para serem distribuídos sem discriminação, inclusive comercializados. Isto abre novas possibilidades para os estudantes utilizarem os materiais e métodos com os quais tem contato durante os cursos. Mais do que isso, através de projetos e práticas de pesquisa e desenvolvimento que estão de acordo com os princípios de abertura, e do desenvolvimento de infraestrutura e de práticas organizacionais/institucionais alinhados, esperamos estar semeando no ambiente acadêmico a cultura da abertura e da liberdade na expansão do conhecimento, que consideramos essenciais para atualizar a academia nos modos de produção e circulação do conhecimento e da cultura.

Agradecimentos

O Centro de Tecnologia Acadêmica é parcialmente financiado pelo CNPq.

Manifestamos nossa gratidão aos integrantes do CTA, Béuren Bechlin, Flávio Depaoli, Paulo Müller, Diogo Friggo Panda, Germano Postal, Alisson Claudino, Nelso Jost, Guilherme Weihmann, Leonardo Brunnet, Sebastian Gonçalves, Gabriel Krieger, Lucas Leal, Gilberto Fetzner Filho, aos colaboradores do setor de eletrônica do IF/UFRGS Mauro Fin, Elton De Brum e Bruno Nabinger, assim como as outras pessoas que participaram e colaboraram desde a fundação do CTA, que são muitos para serem listados aqui, motivo pelo qual somos ainda mais gratos.

Referências:

- ABDO, A.H. Direções para uma academia contemporânea e aberta. In: ALBAGLI, S.; MACIEL, M.L.; ABDO, A.H. (Org.). *Ciência aberta, questões abertas*. Brasília: Ibict; Rio de Janeiro: Unirio, 2015. doi.org/10.18225/978-85-7013-109-6
- ALBAGLI, S.. *Ciência aberta em questão*. In: ALBAGLI, S.; MACIEL, M.L.; ABDO, A.H. (Org.). *Ciência aberta, questões abertas*. Brasília: Ibict; Rio de Janeiro: Unirio, 2015. doi.org/10.18225/978-85-7013-109-6
- BENKLER, Yochai. *The wealth of networks. How social production transforms markets and freedom*. New Haven and Londres: Yale University Press, 2006. Disponível em: http://cyber.law.harvard.edu/wealth_of_networks/Download_PDFs_of_the_book. Acesso em 8 de Janeiro de 2016.
- BJÖRK, Bo-Christer. Two Scenarios for How Scholarly Publishers Could Change Their Business Model to Open Access. Disponível em: <http://quod.lib.umich.edu/cgi/t/text/idx/jep/3336451.0012.102/--two-scenarios-for-how-scholarly-publishers-could-change?rgn=main;view=fulltext>. Acesso em: 28 dez. 2015.
- CASTELLS, Manuel. *A sociedade em rede*. São Paulo: Paz e Terra, 1999.
- CHESBROUGH, Henry. Why Companies Should Have Open Business Models. Disponível em: <http://sloanreview.mit.edu/article/why-companies-should-have-open-business-models/>. Acesso em: 26 dez. 2015.
- ENKEL, Ellen. Open R&D and Open Innovation: exploring the phenomenon. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-9310.2009.00570.x/pdf>. Acesso em: 27 dez. 2015.
- FERREIRA, Edy. How Companies Make Money Through Involvement in Open Source Hardware Projects. Disponível em: <http://timreview.ca/node/228>. Acesso em: 30 dez. 2015.
- JONES, R.; HAUFE, P.; SELLS, E., IRAVANI, P., OLLIVER, V., PALMER, C., ; BOWYER, A. *RepRap - The Replicating Rapid Prototyper*, Robotica. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. v.29, p.177-191.
- KOSCHATZKY, K. (2001) Networks in innovation research and innovation policy – an introduction. In: Koschatzky, K., Kulicke, M. and Zenker, A. (eds), *Innovation Networks: Concepts and Challenges in the European Perspective*. Heidelberg: Physica Verlag.
- LÉVY, Pierre. *As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática*. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.
- MICROBERTS, M.. *Arduino Básico*. Novatec, São Paulo, 2011.
- PEARCE, J. M., Open Source Research in Sustainability, *Sustainability the Journal of Record*, 5(4), pp. 238-243, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1089/sus.2012.9944>
- PEARCE, J. M., Building research equipment with free, open-source hardware. *Science*, v. 337, n.6100, p. 1303–1304, 2012.
- PERENS, B.; *Open Sources: Voices from the Open Source Revolution*, O'Really, 1999. Disponível em <http://www.oreilly.com/openbook/opensources/book/perens.html> . Acesso em 26 de Dezembro de 2015.
- PEZZI, R.P.. *Ciência aberta: dos hipertextos aos hiperobjetos*. In: ALBAGLI, S.; MACIEL, M.L.; ABDO, A.H. (Org.). *Ciência aberta, questões abertas*. Brasília: Ibict; Rio de Janeiro: Unirio, 2015. doi.org/10.18225/978-85-7013-109-6
- SANTANA, B.; ROSSINI, C.; PRETTO, N.D.L.. *Recursos Educacionais Abertos: Práticas Colaborativas e Políticas Públicas*. EDUFBA e Casa de Cultura Digital, Salvador e São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.livrorea.net.br/> .
- SILVA, R.B., et al. Estações meteorológicas de código aberto: Um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico. *Rev. Bras. Ensino Fís. online*. 2015, vol.37, n.1 São Paulo: Epub Mar 30, 2015. ISSN 1806-9126. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11173711685>. Acessado em 4 de Janeiro de 2016.
- SIMON, Imre. *A incubadora virtual da FAPESP. Apresentação*. São Paulo: FAPESP, 2004. Disponível em: <http://www.ime.usp.br/~is/aula/incubadora-2004/incubadora-2004.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2014.
- SOARES, M.D.; SANTOS, R.D.C. *Ciência Hoje*, 47, 38, 2011.