

Sistema Colaborativo para Fabricação de Placas Braille de Baixo Custo

Trabalho de Conclusão do Curso de
Tecnologia em Sistemas Para Internet

Elisa Leo de Oliveira¹
Orientador(a): André Peres

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Rio Grande do Sul (IFRS) – Campus Porto Alegre
Av Cel Vicente, 281, Porto Alegre – RS – Brasil

elisaleoo@gmail.com, andre.peres@poa.ifrs.edu.br

Resumo: Considerando o avanço tecnológico no processo de fabricação de objetos através de equipamentos de prototipação rápida, tais como impressoras 3D, máquinas de corte a laser, fresadoras de precisão, entre outros, objetiva-se tirar proveito do baixo custo de fabricação destes equipamentos para a ampliação da disponibilidade de mecanismos de acessibilidade. Este artigo apresenta uma plataforma colaborativa para confecção de placas braille através do uso de equipamentos de fabricação digital. Esta plataforma permite que, à partir de um texto seja criado um arquivo 3D da placa em braille a ser construída por colaboradores cadastrados no sistema. A plataforma é composta por um sistema web no qual os usuários (requisitantes e fabricantes) interagem e por um módulo de conversão de texto para arquivo 3D da placa em braille.

1. Introdução

O acesso a locais deveria ser uma tarefa que todos conseguissem realizar sem dificuldades, sejam estes locais físicos ou virtuais. Pessoas com deficiências físicas, muitas vezes, dependem de outras pessoas para realizar a tarefa que desejam. Não porque não são capazes de fazer mas porque os locais não estão preparados para atendê-las. Dados do Censo de 2010 apontam que cerca de 45 milhões de brasileiros declaram-se ter pelo menos uma deficiência, sendo que a deficiência visual representa cerca de 18,8% dos entrevistados, com 35,7 milhões de pessoas [IBGE, 2010]. E mesmo com uma quantidade bastante representativa da população brasileira pode-se observar poucos lugares e pessoas estão preparadas para lidar com alguém que tenha quaisquer tipo de deficiência.

Muitos lugares que costuma-se frequentar não seguem as normativas de acessibilidade, fazendo com que a qualidade de vida, conforto, rapidez segurança, eficiência e, principalmente, a autonomia do deficiente sejam prejudicadas. A *ABNT NBR9050 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos* é responsável pelos parâmetros de regulamentação de espaços para pessoas com deficiências físicas [NBR9050 1994].

Para aplicações virtuais também existem normativas para deixar portais e aplicativos adequados para qualquer tipo de deficiência (seja ela dificuldade de visão,

audição ou motora). O cumprimento ou não dessas normativas não afeta de maneira alguma a forma como pessoas sem deficiência tem acesso ao conteúdo, afeta apenas a pequena parte da população que não consegue acessá-la. Essas normativas são chamadas de padrões web e são regulamentadas pela *World Wide Web Consortium* (W3C). A W3C é um consórcio internacional em que organizações filiadas, uma equipe de tempo integral e o público trabalham juntos para criar os padrões e definir o que é melhor para a comunidade web [W3C, 2013].

Para pessoas com deficiência visual criou-se uma linguagem para a comunicação, o sistema usado para tais deficientes é o Braille. Criada pelo francês Louis Braille é hoje difundida no mundo todo e utilizada universalmente na leitura e na escrita por pessoas cegas. O sistema consiste em seis pontos relevantes dispostos em duas colunas de três pontos cada, onde é possível realizar 64 combinações diferentes. A leitura é realizada da esquerda para a direita, ao toque de uma ou duas mãos. Com esse número de combinações conseguiu-se realizar todas as letras do alfabeto, acentos, pontuações e números [INSTITUTO BENJAMIN CONSTANT, 2005].

O sistema braille auxilia na sinalização tátil, item 5.2.6.3 da NBR 9050 que regulamenta que as informações essenciais devem ser compostas em alto relevo, como textos, símbolos e Braille. Para a formatação da placa Braille segue-se o padrão mostrado nas figuras 1 e 2.

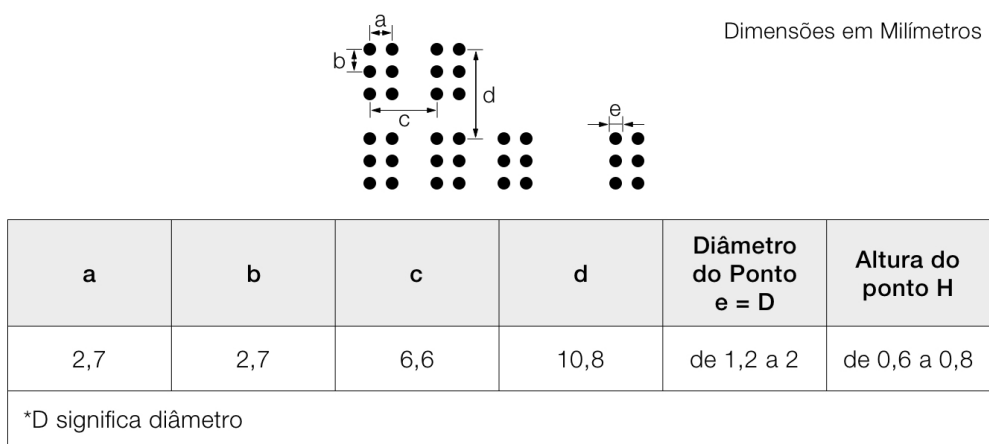


Figura 1. Arranjo geométrico dos pontos em Braille [NBR9050, 2015]

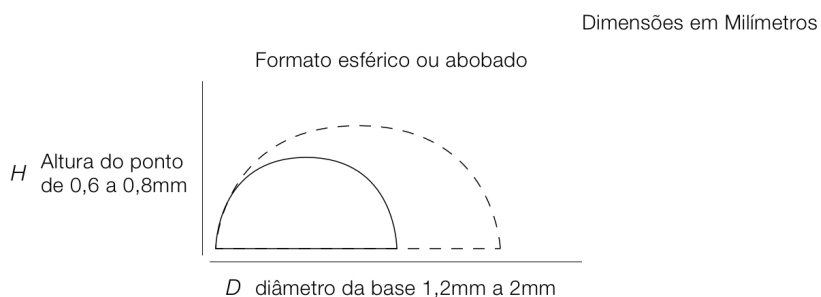


Figura 2. Formato do Relevo do Ponto Braille [NBR9050, 2015]

Entende-se que D é o diâmetro do ponto, expresso em milímetros (mm) e deve estar entre 1,2mm e 2,00mm; que H é a altura do relevo, expressa em milímetros (mm) e deve estar entre 0,6mm e 0,8mm; e que P é a proporção entre o diâmetro e a altura e deve estar entre 2,0mm e 2,5mm.

Com esse padrão criterioso de formatação de placas de sinalização tátil em Braille e o material usado para sua fabricação (o material que mais convém é o metal, sendo o aço inox bastante usado para a customização das placas, conforme a disponibilidade no mercado) o alto custo da placa em Braille pode tornar esse tipo de normativa não muito acessível na questão financeira para determinados estabelecimentos. Placas feitas de um bom material, durável e dentro dos padrões chegam a custar em média quarenta reais por símbolo.

Visando esse possível mercado de baixo custo de produção de placas em Braille e utilizando das duas normativas consegue-se fomentar o desenvolvimento de soluções para que as pessoas com dificuldades tenham acesso ao ambiente físico se utilizando de ferramentas virtuais. Uma alternativa capaz de minimizar o impacto da confecção das placas é a utilização da fabricação digital para que essa solução se torne viável tanto em termos financeiros quanto de padrões de acessibilidade.

2. Fabricação Digital

Os sistemas de fabricação digital englobam uma série de tecnologias que produzem objetos físicos, sendo eles protótipos ou elementos definitivos, a partir de desenhos computacionais geométricos [ALVARADO e BRUSCATO, 2009]. Esses sistemas podem ser subtrativos ou aditivos. Nos sistemas subtrativos observa-se a extração da matéria prima através de fresas, laser ou plasma, que executam operações de corte e/ou rebaixo, enquanto os sistemas aditivos consistem em depositar ou acumular um dado material em camadas, podendo produzir objetos tridimensionais complexos [BARROS, 2011].

2.1. Impressora 3D

A impressora 3D é um exemplo de sistema de fabricação digital aditivo. Esse sistema é baseado nas impressoras de jato em tinta e consiste em depositar um material (normalmente polímeros termoplásticos) através de um bico injetor que aquece e puxa esse material, depositando-o derretido em camadas na base [BARROS, 2011]. Quando necessário a plataforma desce, permitindo assim a criação da próxima camada (quanto mais camadas são criadas, mais sólido é o objeto).

Para utilizá-la, o primeiro passo é o desenvolvimento de um objeto em um software de edição em três dimensões. Depois dessa fase é necessário enviá-lo para o software da impressora 3D onde serão definidos os demais detalhes, como as dimensões do objeto e as espessuras das camadas. Quanto mais detalhes forem definidos para o objeto, melhor será a qualidade e conseqüentemente maior será o tempo de impressão.

Para demandas específicas a impressora 3D agrega diversas vantagens, tais como a redução do custo final de produção por não conter a necessidade da criação de moldes físicos e a diminuição de tempo total entre a modelagem e produção.

Em relação ao custo com material, a palavra "açúcar" em símbolos braille, por exemplo, demora aproximadamente 15 minutos para ser fabricada, utiliza 24cm de filamento de 1.75mm e pesa 2 gramas, conforme figura 3 (cálculo utilizando uma impressora 3D da marca printrbot de baixo custo [Printrbot, 2016]). Considerando o custo médio de R\$ 130,00 (cento e trinta reais) por quilograma de filamento, têm-se o custo de aproximadamente R\$0,26 (vinte e seis centavos de real) pela palavra "açúcar", o que dá um custo de aproximadamente R\$ 0,05 (cinco centavos) por símbolo.

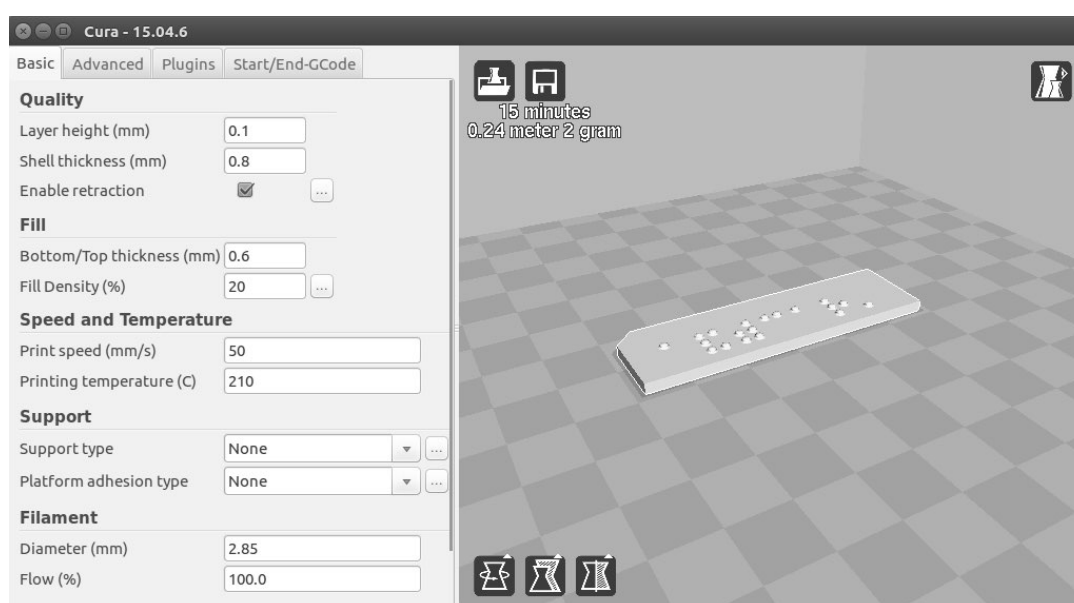


Figura 3. Desenho Gráfico de Placa em Braille

2.2. Mapeamento do Modelo Digital 3D

No que se refere ao mapeamento do modelo digital 3D pode-se classificar os métodos de produção como duas dimensões (2D) quando a máquina é apenas operada nos planos X e Y e três dimensões quando trabalha com movimentos nos planos X, Y, e Z [CELANI e PUPO, 2008].

Para a conversão de texto para a realização de placas em Braille com a impressora 3D será necessária a utilização das três dimensões para que se produza os relevos dos pontos Braille conforme as normativas mencionadas nas Figura 1 e 2. Para que obtenha-se essa conversão será necessário mapear as letras do alfabeto para um código da impressora 3D, chamado gCode.

Esse código G é uma linguagem, baseada no padrão RS274NGC [KRAMER, PROCTOR e MESSINA, 2000], que consiste em mapear os movimentos da impressora necessários para a criação dos objetos. Ou seja, é uma sequência de comandos que se

passa para a máquina, para que consiga-se projetar fisicamente os objetos criados anteriormente no software de modelagem 3D.

Na figura 4 observa-se um trecho recortado do código gCode necessário para a fabricação de um objeto. Para a realização do código é necessário especificar alguns parâmetros na parte de cima do código. Na segunda linha do código tem-se a definição de que os parâmetros que serão passados estão setados em milímetros. Na quarta linha é setada a temperatura da mesa para 110 graus Celsius, e na quinta a temperatura do extrusor (o bico da impressora 3D) para 240 graus Celsius. Além disso pode-se definir a velocidade que o extrusor irá funcionar (no exemplo a velocidade foi definida como 20mm/s).

```
1. (*parâmetros iniciais*)
2. G21 (unidades em mm)
3. ...
4. M109 S110 T1 (temperatura mesa aquecida = 110oC)
5. M104 S240 T1 (temperatura do extrusor = 240oC)
6. ...
7. (<layerThickness> 0.2 </layerThickness>) (espessura de camada 0.2mm)
8. ...
9. (<setting> dimension Extruder_Retraction_Speed_(mm/s): 20.0 </setting>)
10. (velocidade do extrusor = 20mm/s)
11. (<setting> dimension Filament_Diameter_(mm): 1.75 </setting>)
    (espessura do filamento = 1.75mm)
12. ...
13. G1 X-27.99 Y-8.09 Z0.1 F2400.0 (posicionamento inicial ---
X=-27.99;Y=-8.09;Z=0.1)
14. ...
15. (início da primeira camada)
16. G1 X0.0 Y7.42 Z0.1 F1080.0 E11.931
17. G1 X-0.4 Y7.42 Z0.1 F1080.0 E11.945
18. G1 X-0.4 Y-7.42 Z0.1 F1080.0 E12.461
19. ...
20. (início da segunda camada)
21. G1 X-27.99 Y-7.7 Z0.3 F600.0 E89.055
22. G1 X-27.99 Y-8.1 Z0.3 F600.0 E89.071
23. G1 X27.99 Y-8.1 Z0.3 F600.0 E91.261
24. ...
```

Figura 4. Trecho gCode

Na linha número 7 define-se que a espessura da camada é de 0,2mm, isso influencia mais tarde no posicionamento do ponto Z. Logo é definido o posicionamento inicial do extrusor da impressora 3D. Para entender-se isso, tem que se ter em mente que a impressora trabalha com os pontos X, Y e Z, ou seja, o posicionamento da-se a partir do ponto que refere-se ao (x,y,z), tendo como ponto central (0,0,0).

Após a definição do posicionamento inicial, tem-se o início da construção da primeira camada. Nas linhas 16 e 17 da figura 4, o ponto X é alterado, do ponto 0.0 para o ponto -0.4, e nas linhas 17 e 18 o ponto Y é alterado de 7.42 para -7.42. Na construção da segunda camada vemos que o ponto Z se alterou de 0.1 da camada 1 (linhas 16-18), direto para 0.3 (linhas 21-23) sem passar por 0.2, isso acontece por conta da espessura de cada camada definida como 0.2mm na linha 7. No caso na construção da terceira

camada o Z passaria direto para 0.5, e assim por diante nas demais camadas. E assim continua o processo de construções de camadas, alterando o X, Y e Z conforme a necessidade.

3. Estado da Arte

Com as vantagens agregadas na utilização da fabricação digital e, mais especificamente, nas impressoras 3D, fomentou-se o desenvolvimento em diversas áreas do conhecimento. Um site online, nomeado *Thingiverse* [Thingiverse, 2016], disponibiliza alguns objetos criados para impressão 3D. No site é possível fazer o download de peças gráficas prontas para fabricação na impressora 3D, customizá-las, fazer upload de novas soluções e ainda “curtir” e deixar comentários sobre as peças que foram disponibilizadas no sistema. Para algumas dessas tarefas ainda é necessário que se realize um cadastro.

Essas soluções são bem acessíveis para quem não tem o conhecimento para lidar com um software de criação gráfica 3D e para todos aqueles que querem conhecer um pouco mais sobre a impressão em três dimensões. Órgãos institucionais também estão trabalhando para fomentar a pesquisa e desenvolvimento nessa área, tanto que o GSI (órgão responsável pelo mapeamento geoespacial do governo do Japão) está disponibilizando modelos de impressão de mapas para ajudar deficientes visuais a se locomoverem e terem mapas físicos a sua mão. Por enquanto os mapas indicam apenas estradas, aumentadas em 1mm, mas a ideia é que o projeto seja ampliado e comece a mostrar outros detalhes [Techtudo, 2014].

Levando em consideração acessibilidade nessas soluções com fabricações digitais, há um sistema web, disponibilizado no Git, que constrói um módulo de conversão de texto para Braille. O arquivo é gerado em formato STL (que posteriormente pode ser convertido em gCode) ou X3D. Pode-se considerar como ponto fraco do sistema descrito a criação do objeto 3D com uma base de difícil impressão.

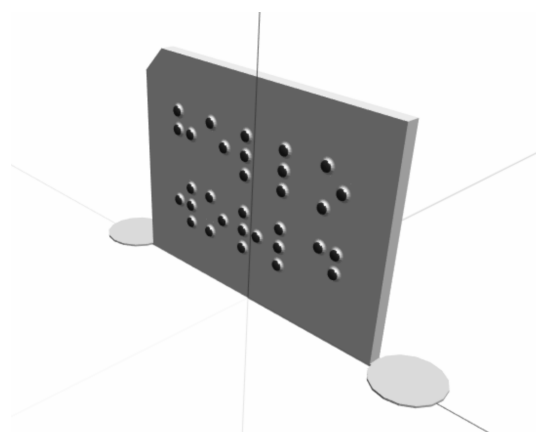


Figura 5. Sistema Web [Text2Braille3D, 2016]

4. Sistema Desenvolvido

Levando em consideração o artigo 9 da convenção da ONU sobre os direitos das pessoas com deficiência

A fim de possibilitar às pessoas com deficiência viver com autonomia e participar plenamente de todos os aspectos da vida, os Estados Partes deverão tomar as medidas apropriadas para assegurar-lhes o acesso, em igualdade de oportunidades com as demais pessoas, ao meio físico, ao transporte, à informação e comunicação, inclusive aos sistemas e tecnologias da informação e comunicação, bem como a outros serviços e instalações abertos ou propiciados ao público, tanto na zona urbana como na rural.

e afim de facilitar a acessibilidade em diferentes locais urbanos, visou-se o mercado de fabricação de placas Braille com baixo custo de produção, tornando-o assim, acessível financeiramente para todas as pessoas. Com isso, o sistema desenvolvido é uma plataforma onde será possível que, a partir de um texto, seja criado um arquivo em três dimensões de texto em Braille, ao qual o usuário poderá encaminhar para uma impressão na impressora 3D, após ter realizado o download do arquivo. Para realização de tal parte do sistema será usado o sistema “Text2Braille3D” [Text2Braille3D, 2016] como base, já que este está disponibilizado como código aberto. O diagrama de casos de uso do sistema proposto está demonstrado na Figura 6.

Ao entrar pela primeira vez na plataforma o usuário conta com uma visualização geral de placas que já foram produzidas e que estão disponíveis para download. Caso o usuário deseje utilizar alguma dessas placas, não será necessário o módulo de conversão de texto para arquivo 3D da placa em Braille, basta fazer o download e abrir o arquivo em um software de modelagem 3D. Além disso há também uma visualização de locais pré-cadastrados onde pode-se encontrar impressoras 3D (e até outras plataformas de fabricação digital) para facilitar o encontro do usuário com locais que possuam tais aparelhos.

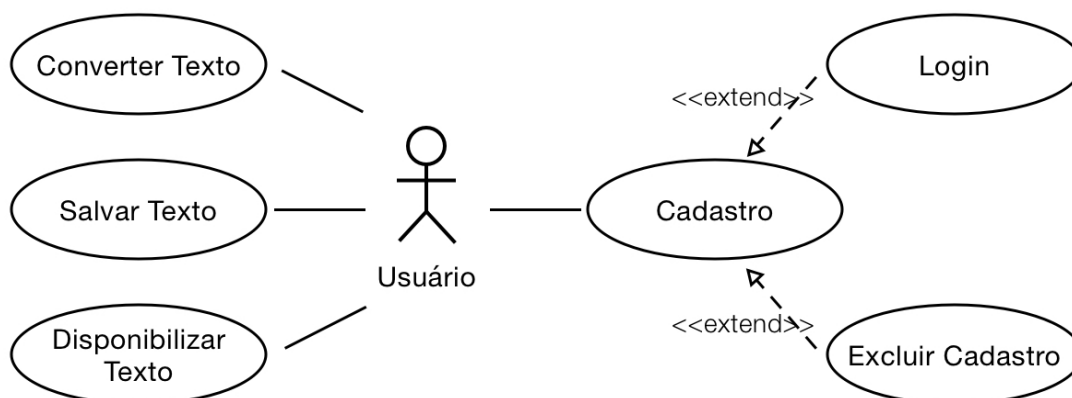


Figura 6. Diagrama de Caso de Uso

O sistema disponibiliza um módulo de conversar de texto para arquivo 3D, para quaisquer usuários do sistema. O cadastro é necessário apenas para aqueles que desejam disponibilizar sua placa produzida a outros usuários, e assim colaborar com a rede de criação. Para realizar o cadastro o usuário precisa informar email, nome, senha e cidade onde mora. O diagrama de classes do sistema proposto está demonstrado na Figura 7.

Para facilitar o encontro desse usuário com uma impressora 3D o sistema contará com o cadastro de alguns colaboradores que precisarão informar dados como: nome do local, endereço, qual o custo ou de material para a produção da placa. Assim, o usuário saberá quais lugares que contam com fabricação digital estão mais perto de seu endereço e qual será o custo total dessas placas em Braille personalizadas. Atualmente no sistema qualquer pessoa pode realizar esse cadastro, pois é a ideia é que mapeie os locais nas cidades, criando uma rede colaborativa de impressoras 3D inexistente no mercado atual.

Podem haver locais que não poderão cobrar financeiramente para que as pessoas realizem a impressão, então foi pensado que na abertura da plataforma haja os chamados *banners* para que as pessoas colaborem de outras maneiras com esses locais, como contribuições de ferramentas ou materiais que possam ser utilizados pelas tecnologias de impressão digital (sejam fresadoras ou impressoras 3D).

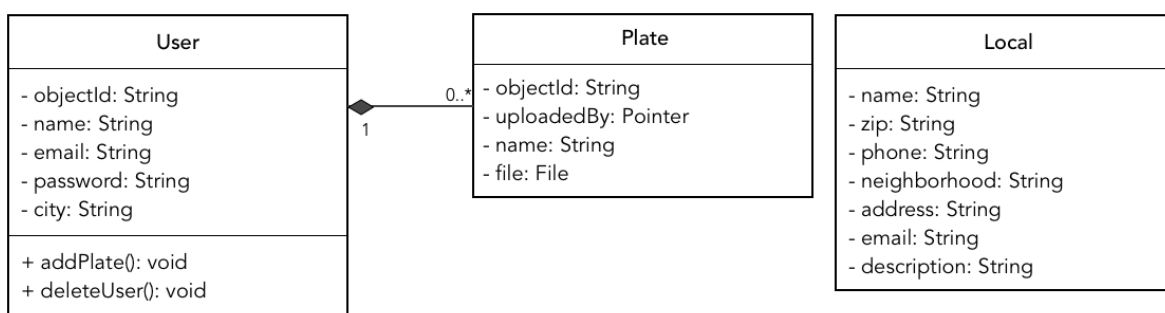


Figura 7. Diagrama de Classes

Como para o módulo de criação de placas em Braille fora acoplado um sistema já existente, “Text2Braille3D” [Text2Braille3D, 2016], fora necessária a criação de uma tela para o usuário fazer o upload das placas previamente produzidas no conversor.

Assim, quando o usuário entra no sistema, ele navega para “arquivos” para ver a listagem de todas as placas disponibilizadas no sistema. Para ver suas placas há um botão “Minhas Placas”, onde as placas são filtradas para aparecer apenas a do usuário logado. Para disponibilizar uma placa é simples, basta informar o nome da placa (ou melhor, o que está escrito em Braille nela), selecionar o arquivo que deseja disponibilizar e fazer o upload. Tela de upload de arquivos para disponibilizar a placa no sistema mostrado na figura 8.

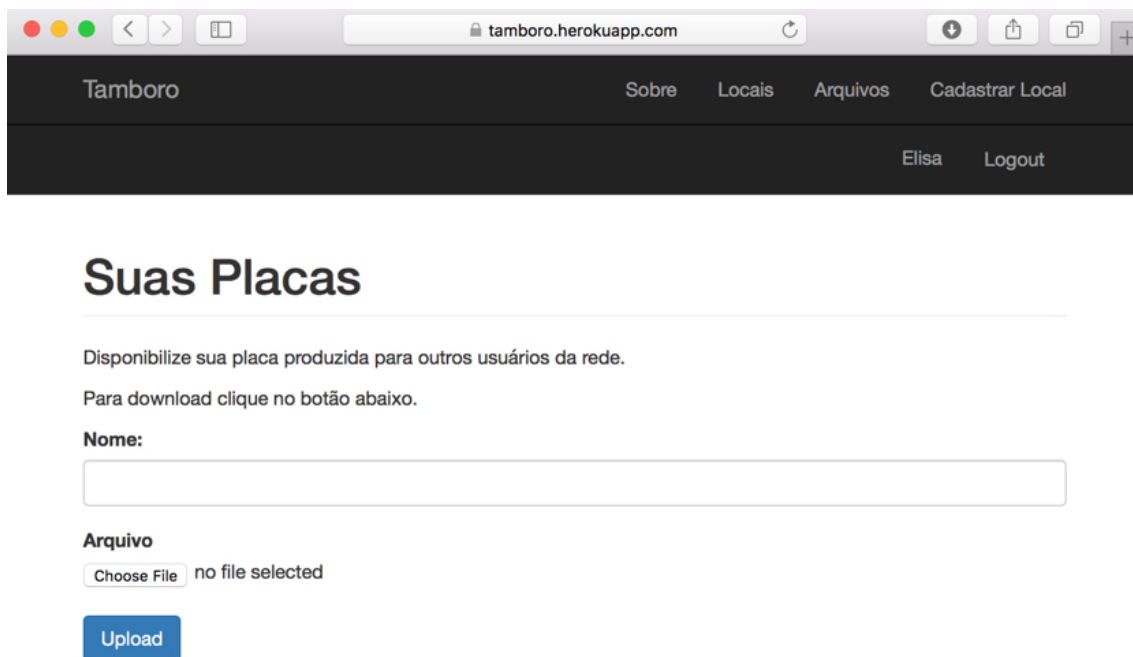


Figura 8. Tela para disponibilizar placas

5. Metodologia de Desenvolvimento

Foram utilizadas as metodologias ágeis no desenvolvimento desse sistema para que o sistema possa ser construído conforme as necessidades do usuário. Por enquanto o sistema está no seu MVP (mínimo produto viável) para que haja um estudo do que o usuário realmente precisa do que está sendo criado, e o que não.

Uma pesquisa fora realizada e no relatório o IDC concluiu que as pessoas dificilmente terão uma impressora 3D em casa, apontando que estas continuarão a serem usadas 50% para prototipagem, 30% para prova de conceito e 20% para produção individual [Computer World 2016].

Portanto antes de consumir tempo e energia no módulo de conversão, fora acoplado um já existente. O que mais tarde acarretou problemas de usabilidade, que serão mencionados no item 7.

6. Arquitetura e Tecnologias Empregadas

O sistema está atualmente hospedado na aplicação de cloud multi-linguagem Heroku, que cuida de toda a infra estrutura e configuração de servidor. O frontend se comunica com o servidor nginx através de HTTPS, que por sua vez faz uma chamada para o Node.js, que faz a comunicação com o banco usando Parse. A figura 9 ilustra a arquitetura do sistema.

Essas tecnologias são todas open source, o que faz com que o custo para se manter o sistema seja mais baixo, e além disso foram escolhidas devido ao escalonamento que proporcionam, com isso esse protótipo de sistema pode crescer com grande facilidade e boa manutenibilidade.

A característica de escalonamento do sistema da-se principalmente pelo banco mongoDB, escrito em C++. É um banco de dados NoSQL, orientado a documentos e não possui esquemas nem suporte a chave estrangeira. Para isso, referências entre documentos da-se manualmente através de adição de um campo ID nos documentos.

Para o desenvolvimento do Frontend da plataforma foram utilizadas as linguagens HTML 5, CSS 3, bootstrap e Javascript, visando o melhor design de interface para que o usuário consiga realizar as tarefas mais simples do sistema sem demandar uma grande curva de aprendizado.

Bootstrap foi utilizado em conjunto do HTML 5 e CSS 3 para o visual das páginas, fazendo com que grande parte do sistema fosse responsivo, ou seja, pode ser bem visualizado em qualquer dispositivo de diferentes tamanhos de tela. Para dar o dinamismo as páginas html, usou-se a linguagem de programação orientada a funções Javascript, sendo utilizada também no backend com Node.js.

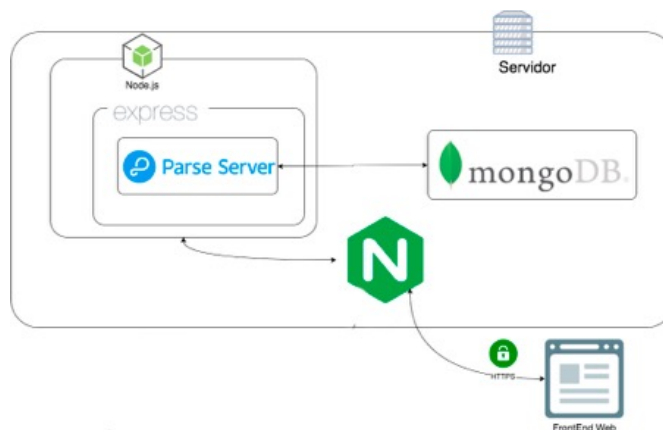


Figura 9. Arquitetura do Sistema

Node.js é uma plataforma que permite rodar JavaScript no servidor, o código gerado roda no Javascript Engine V8. O principal diferencial do Node.js é com a conexão que é tratada pelo servidor, que ao invés de criar uma nova conexão, cada conexão dispara um evento executado dentro da engine de processos do Node, ou seja, é um framework que trabalha usando single-threaded, o que possibilita economia computacional no servidor executando os callbacks sempre que alguma tarefa é finalizada.

Portanto tanto no frontend quanto no backend foi utilizada a linguagem de programação Javascript, evitando assim a utilização de demais frameworks (como Angular, que foi considerado para o desenvolvimento, porém este acaba gerando alguns problemas de integração com o bootstrap, um dos motivos pelo qual foi descartado), evitando assim o aprendizado e utilização de outras linguagens de programação.

Com o decorrer do desenvolvimento do sistema, seguindo a modelagem e as tecnologias mencionadas que foram empregadas, houve um tempo de testes dos usuários, para verificar se a usabilidade e funções do sistema estão de fácil

entendimento e compreensão do usuário, e se a pessoa conseguia realizar as tarefas sem demandar de muito tempo e aprendizado.

7. Testes

Na realização dos testes foi utilizada a avaliação heurística que consta em um pequeno número de avaliadores que examinaram a interface e julgaram sua adequação com os princípios de usabilidade reconhecidos [Nielsen, 1993, cap. 5.11]. Os avaliadores fizeram a análise sozinhos, para que não houvesse influências de opiniões. Pós avaliações, houve uma compilação dos resultados recolhidos e estes são mostrados na compilação do quadro 1, logo após a lista de heurísticas básicas de usabilidade de Nielsen [1994].

Para isso, leve em consideração as 10 heurísticas:

1. Diálogos Simples e Naturais (Design minimalista);
2. Falar a Linguagem do Usuário (Correspondência com o mundo real);
3. Minimizar a Sobrecarga de Memória do Usuário (Reconhecer é melhor que lembrar);
4. Consistência e Padronização;
5. Visibilidade do Estado do Sistema (Feedback);
6. Controle e Liberdade (Saídas claramente marcadas);
7. Flexibilidade e Eficiência (Atalhos);
8. Boas Mensagens de Erro;
9. Prevenir Erros;
10. Ajuda e Documentação.

Problema identificado	Heurística Relacionada	Grau de Severidade do Problema
Pós o usuário realizar o cadastro, o usuário não o loga e tão pouco o leva para a página de login.	7	<input type="checkbox"/> 0 - Sem importância <input type="checkbox"/> 1 - Cosmético <input checked="" type="checkbox"/> 2 - Simples <input type="checkbox"/> 3 - Grave <input type="checkbox"/> 4 - Catastrófico
Após upload de um arquivo não há mensagem nem de sucesso nem de erro.	5	<input type="checkbox"/> 0 - Sem importância <input type="checkbox"/> 1 - Cosmético <input type="checkbox"/> 2 - Simples <input checked="" type="checkbox"/> 3 - Grave <input type="checkbox"/> 4 - Catastrófico

Quando já está cadastrado o email no sistema, a mensagem de erro apenas informa que houve um problema no cadastro, mas não qual foi.	8	() 0 - Sem importância () 1 - Cosmético (X) 2 - Simples () 3 - Grave () 4 - Catastrófico
Poderia haver a opção de selecionar a cidade, ao invés de ter que escrever.	9	() 0 - Sem importância () 1 - Cosmético (X) 2 - Simples () 3 - Grave () 4 - Catastrófico
Fazer o download do arquivo para depois fazer o upload para disponibilizar para os outros usuários diminui a chance de o arquivo ser disponibilizado.	4	() 0 - Sem importância () 1 - Cosmético () 2 - Simples (X) 3 - Grave () 4 - Catastrófico

Quadro 1. Compilação das Avaliações

O avaliação heurística fora realizada com 3 avaliadores e as compilações descritas são as observações de dois ou três usuários (ou seja, observações feitas por apenas um usuário não foram descritas acima), uma destas foi a demora do sistema para a execução das tarefas.

Houve também a realização dos testes funcionais de requisitos do sistema, para que houvesse a verificação se o sistema realiza todas as tarefas como deveriam ser, e para que hajam os bug fixes necessários conforme feedbacks de usuários que testaram o sistema. Requisitos listados no quadro 2.

Neste teste todos os requisitos passaram pela validação do usuário, inclusive o upload de placas, já que é se tratava de um teste de validação funcional.

Caso de Teste	Resultado Esperado	Resultado Obtido
Cadastro de Usuário	OK	OK
Cadastro de Colaborador	OK	OK
Upload de Arquivo	OK	NOK
Download de Arquivos	OK	OK

Quadro 2. Requisitos Funcionais

Como pode-se notar o maior problema de requisito e usabilidade do sistema é o fato do arquivo convertido não ser diretamente salvo no sistema, o usuário é obrigado a fazer o download do arquivo no conversor para depois fazer o upload nos seus arquivos. Isso demanda um trabalho em dobro que talvez o usuário não esteja disposto a realizar.

Além disso, foram pedidas sugestões para os 3 usuários testers e a principal complementação para implementação no sistema é que os usuários consigam comunicar-se com os colaboradores (locais que disponibilizam as impressoras 3D) pelo próprio sistema.

8. Considerações Finais

Considerando o que foi estudado foi possível observar que há normas e diretivas a serem seguidas na nossa sociedade para a construção de ambientes acessíveis a todos que estão nela, porém mesmo com toda essa informação disponível na internet é possível encontrar ambientes que não seguem as normas dirigida pela ABNT de espaços físicos e tão pouco as normas que a W3C constrói em conjunto com o público e outras organizações.

Com isso deseja-se que esse estudo sirva de base para construir a solução proposta de forma que impacte positivamente a parcela da população que tem dificuldades pontuais na sua forma de vida. Essa solução impacta de forma direta na mobilidade física de deficientes visuais que conhecem a linguagem Braille e pretende-se também que leigos na linguagem encontrem interesse em seu estudo.

Além dessas vantagens agregadas na vida de quem realmente tem deficiências, muda-se também a vida daqueles que não a tem, visando a parte financeira, pois apesar do alto custo de impressoras 3D é possível que a solução torne-se viável com o auxílio desses lugares que tem o equipamento e disponibilizam-o para o uso aberto de qualquer pessoa que contenha um projeto.

9. Trabalhos Futuros

A curto prazo os principais ajustes são na usabilidade e navegação do sistema, pois em alguns testes fora relatado cliques que poderiam vir a ser retirados, fazendo com que o usuário pudesse realizar determinadas ações mais rapidamente.

Como proposta para trabalhos futuros, pretende-se implementar o módulo de conversão de placas, de modo que simplifique para o usuário o encaminhamento do arquivo para impressão nas impressoras 3D. Pois com um arquivo de extensão direta em gCode não será necessária a abertura de um software de arquivos 3D para ser realizado o encaminhamento para a impressora, ao contrario da extensão atual, STL.

Também para ampliação do sistema, pretende-se que o usuário além de achar os locais mais próximos que disponibilizam impressora 3D e outros dispositivos digitais, possa realizar já o pagamento via sistema para os locais. A ideia é que o sistema fique com uma porcentagem do valor pago, para que o valor arrecadado tenha como fim compra de materiais necessários para que, principalmente os fablabs, continuem a funcionar sem contribuição financeira direta.

10. Referências

- ABNT. (2015). NBR 9050: Associação Brasileira de Normas Técnicas. Acessibilidade de Pessoas Portadoras de Deficiências a Edificações, Espaço, Mobiliário e Equipamento Urbanos. RJ.
- ALVARADO, R. G.; BRUSCATO U. M. (2009) Emociones precisas: fabricación digital en la enseñanza de la arquitectura. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ICBL, 3. Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC.
- BARROS, A. M. de. (2011) Fabricação digital: Sistematização metodológica para o desenvolvimento de artefatos com ênfase em sustentabilidade ambiental. 102 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Faculdade de Arquitetura. Programa de Pós-Graduação em Design.
- CELANI, M. G. C.; PUPO, R.T. (2008) Prototipagem Rápida e Fabricação Digital para Arquitetura e Construção: Definições e Estado da Arte no Brasil. 2008. Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, v. 8, n. 1 – Universidade Presbiteriana Mackenzi, São Paulo.
- COMPUTER WORLD. Você provavelmente nunca terá uma impressora 3D em casa. Disponível por www em: <http://computerworld.com.br/voce-provavelmente-nunca-tera-uma-impressora-3d-em-casa>. Acesso em novembro de 2016.
- FERREIRA, Simone Bacellar Leal; CHAUVEL, Marie Agnes; FERREIRA, Marcos Gurgel do Amaral Leal. (2006) E-Acessibilidade: Tornando Visível o Invisível. In: XXX ENANPAD.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico (2010)*. Disponível por www em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_religiao_deficiencia/default_caracteristicas_religiao_deficiencia.shtm. Acesso em junho de 2016.
- INSTITUTO BENJAMIN CONSTANT - O Sistema Braille no Brasil (2005). Disponível por www em: <http://www.abc.gov.br/?itemid=10235>. Acesso em novembro de 2016.
- KRAMER, R. T. PROCTOR, M. F. MESSINA, E. (2000) The NIST RS274NGC Interpreter - Version 3 – National Institute of Standards and Technology Technology Administration.
- MONTARDO, P. S. PASSERINO, L. (Edição 8. Abr. 2007) Inclusão social via acessibilidade digital: proposta de inclusão digital para Pessoas com Necessidades Especiais (PNE). In: e-Compós.
- NIELSEN, J. “Usability Engineering”. Mountain View, EUA: AP Professional, 1993.
- NIELSEN, J. Heuristic Evaluation. In: Nielsen, J.; Mack, R. L. (Ed.) “Usability Inspection Methods”. New York: John Wiley & Sons, 1994.

Printrbot (2016) | Affordable high resolution 3D printers. Disponível por www em: <http://printrbot.com/>. Acesso em junho de 2016.

SIVC. A convenção da ONU sobre os direitos das pessoas com deficiência. Disponível por www em: <http://www.selursocial.org.br/convencao.html>. Acesso em abril de 2016.

TECHTUDO (2014). *Mapas impressos em 3D*. Disponível por www em: <http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/10/mapas-impressos-em-3d-prometem-acessibilidade-aos-deficientes-visuais.html>. Acesso em junho de 2016.

Text2Braille3D (2016). Disponível por www em <http://v01pe.github.io/Text2Braille3d/>. Acesso em junho de 2016

Thingiverse (2016) | Digital Designs for Physical Objects. Disponível por www em: <https://www.thingiverse.com>. Acesso em junho de 2016.

W3C. *Cartilha W3CBR Acessibilidade Web*. Disponível por www em: <http://www.w3c.br/pub/Materiais/PublicacoesW3C/cartilha-w3cbr-acessibilidade-web-fasciculo-I.pdf>. Acesso em maio de 2016.