

DAVIDSON FRANCIS SOUZA FELIPE

**INVESTIGAÇÃO DO ESPAÇO E DO USO DE FAB LABs E AS  
RELAÇÕES COM O PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2019

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

F315i  
2019  
Felipe, Davidson Francis Souza, 1986-  
Investigação do espaço e do uso de Fab Labs e as relações  
com o processo de ensino e aprendizagem / Davidson Francis  
Souza Felipe. – Viçosa, MG, 2019.  
xiii, 78f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Túlio Márcio de Salles Tibúrcio.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.68-71.

1. Arquitetura - Estudo e ensino. 2. Inovações educacionais.  
3. Faça você mesmo. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Programa de  
Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. II. Título.

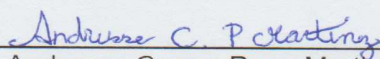
CDD 22. ed. 720.7

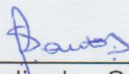
DAVIDSON FRANCIS SOUZA FELIPE

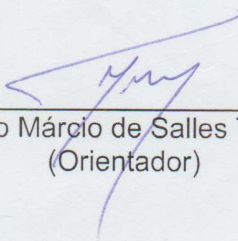
**INVESTIGAÇÃO DO ESPAÇO E DO USO DE FAB LABs E AS  
RELAÇÕES COM O PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 02 de abril de 2019.

  
\_\_\_\_\_  
Andressa Carmo Pena Martinez

  
\_\_\_\_\_  
Silvana Claudia dos Santos

  
\_\_\_\_\_  
Túlio Márcio de Salles Tibúrcio  
(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por todas as bênçãos recebidas ao longo deste mestrado, pelos livramentos, pela força e sabedoria concedida.

Agradeço à minha amada e eterna princesa Aline Felipe, sempre ao meu lado encorajando e motivando, preocupada comigo nas estradas, participando efetivamente de cada etapa dessa longa jornada chamada Mestrado. Aos meus filhos Davi Lucas e Alice Felipe que desde o início participaram da realização do sonho do papai. Agradeço aos meus pais pelas orações e por sempre acreditarem nos meus sonhos e projetos.

Agradeço ao meu orientador Túlio Tibúrcio, por acreditar em meu potencial e investir seu tempo e conhecimento em mim. Muito obrigado pela amizade, aconselhamento profissional e parceria, você é fera!

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPG.AU) e aos professores da PPG.AU pela minha formação através das disciplinas cursadas, em especial às professoras Andressa Martinez e Denise Mônico.

Agradeço aos funcionários da PPG.AU, em especial Coutinho pela atenção e colaboração nos processos pertinentes ao mestrado.

Aos colegas do mestrado pela vivência e troca de experiências. Ao meu amigo Max pela parceria, por dividir momentos de bastidores onde rimos bastante.

Agradeço aos sujeitos da pesquisa que foram primordiais para a constituição dessa investigação, principalmente as instituições: Fab Lab Newton e Lab Aberto SENAI por abrirem as portas para realização dessa pesquisa.

Quero agradecer imensamente à Família Faculdade do Futuro pelo incentivo e colaboração. Agradeço em especial ao diretor geral da FAF Guilherme Almeida e toda sua família, aos mantenedores Rosângela Perígolo e Celso, à diretora acadêmica Lidiane Kohler por acreditarem em meu potencial e confiarem em mim.

Agradeço ao meu amigo Carlos Augusto por me incentivar e colaborar desde os processos iniciais deste mestrado.

Agradeço aos meus amigos Henrique Alves, Genaine, Luciano e Renato.

## EPÍGRAFE

*“A inovação está justamente no fato das pessoas, através das máquinas de fabricação digital poderem fabricar suas ideias diretamente da sua casa ou de um espaço coletivo equipado” [...].*

(Heloisa Neves)

## DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a Deus, pois é por Ele, por meio Dele e para Ele que todas as coisas existem.

À minha esposa que é uma benção na minha vida, sempre me apoiando e encorajando. Aos meus filhos por lutarem ao meu lado e me alegrarem nos momentos difíceis. Aos meus pais por calejarem suas mãos para me concederem a oportunidade de estudar e fazer a diferença.

A todos os profissionais da Educação que lutam por uma educação de qualidade e efetiva. Aos *makers* que buscam transformar a vida de terceiros com suas invenções e inovações.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE SIGLAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	ix
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	x
<b>RESUMO</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 INTRODUÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 Objetivo geral.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA.....	3
1.4 ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	4
<b>CAPÍTULO 2 – REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	5
2.1 MOVIMENTO MAKER.....	5
2.2 A CONCEPÇÃO E A EVOLUÇÃO DO AMBIENTE DE APRENDIZAGEM... 6	6
2.2.1 A concepção do ambiente de aprendizagem.....	7
2.2.2 Ambientes de criação e inovação.....	8
2.3 TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO.....	10
2.3.1 TICs no ensino superior.....	10
2.3.2 TICs nos ambientes de aprendizagem.....	11
2.4 METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO SUPERIOR.....	12
2.4.1 Inteligência coletiva: colaboração e compartilhamento de saberes.....	12
2.4.2 Ensino híbrido aplicado ao ensino superior.....	14
2.5 FABRICAÇÃO DIGITAL.....	16
2.5.1 O que é um Fab Lab?.....	17
2.5.2 Espaço físico de um Fab Lab.....	18
2.5.3 Equipamentos utilizados.....	19
2.5.4 A rede do Fab Lab.....	20
<b>CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA</b> .....	22
3.1 Estrutura metodológica da pesquisa.....	22

3.2 Descrição dos Fab Labs Estudados .....	22
3.2.1 Fab Lab Newton .....	22
3.2.2 Lab Aberto SENAI.....	23
3.3. Objetos de Investigação e Sujeitos da Pesquisa .....	25
3.4. População e Amostra.....	25
3.5. Instrumentos para Coleta de Dados .....	26
3.6. Análise dos Dados .....	29
<b>CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>31</b>
4.1 PERFIL DE AMOSTRA.....	31
4.2 ANÁLISE DOCUMENTAL.....	32
4.2.1 Fab Charter.....	32
4.2.2 Regulamentos do Fab Lab RSGQ 15.0 .....	33
4.2.3 As Tecnologias na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional ...	34
4.2.4 As Tecnologias na Lei Plano Nacional de Educação (PNE), 2014 .....	34
4.2.5 As Tecnologias na Resolução Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação da área de Ciências Exatas e Tecnológicas .....	35
4.3 MAPEAMENTO TECNOLÓGICO .....	35
4.4 MAPEAMENTO COMPORTAMENTAL .....	45
4.5 ANÁLISE DAS ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS.....	51
<b>CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO .....</b>	<b>62</b>
5.1 Considerações.....	62
5.2 Resposta à pergunta da pesquisa .....	64
5.3 Revisão dos objetivos .....	65
5.4 Limitações da pesquisa .....	66
5.5 Sugestão de estudos futuros .....	67
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>72</b>
ANEXO I – Protocolo de aula prática.....	73
ANEXO II – Questionário.....	75
ANEXO III – Modelo de Mapa Comportamental e Legenda .....	78

**LISTA DE SIGLAS**

CAD - *Computer Aided Design*

CAM - *Computer Aided Manufacturing*

CBA - *Center for Bits and Atoms*

CIT - Centro de Inovação e Tecnologia

CNC - Comando numérico computadorizado

DIY - *Do-it-yourself*

EUA – Estados Unidos da América

FCA - Fiat Chrysler Automobiles

LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MIT - *Massachusetts Institute of Technology*

MSI - Museu de Ciência e Indústria

nTICs - Novas Tecnologias da Informação e Comunicação

nTDICs - Novas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação

PNE - Plano Nacional de Educação

PPP - Projeto Político Pedagógico

TDICs - Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

TIC - Tecnologia da Informação e Comunicação

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – HP <i>Classroom</i> .....	7
Figura 2 - Proposta de Ensino Híbrido .....	15
Figura 3 - Layout Sugerido pelo CBA-MIT .....	18
Figura 4 - Kit Básico de máquinas do Fab Lab.....	19
Figura 5 - Mapa da rede mundial de Fab Labs.....	20
Figura 6 - Usos da Fabricação Digital na América do Sul .....	21
Figura 7 - Metodologia da Pesquisa.....	22
Figura 8 - Fab Lab Newton.....	23
Figura 9 - Lab Truck SENAI .....	24
Figura 10 - Máquinas Lab Truck SENAI.....	24
Figura 11 - Lab Aberto SENAI.....	25
Figura 12 - Tecnologias no Fab Lab Newton .....	36
Figura 13 - Mapa Tecnológico Fab Lab Newton.....	39
Figura 14 - Tecnologias e ferramentas Lab Aberto SENAI .....	39
Figura 15 - Equipamentos eletrônicos Lab Aberto SENAI.....	40
Figura 16 - Sala de Conferências e reuniões Lab Aberto SENAI .....	42
Figura 17 - Ferramentas Lab Aberto SENAI .....	43
Figura 18 - Mapa Tecnológico Lab Aberto SENAI.....	43
Figura 19 - Mapa comportamental Fab Lab Newton .....	45
Figura 20 - <i>Happy hour</i> no Lab Aberto SENAI .....	46
Figura 21 - Mapa comportamental Lab Aberto SENAI .....	47
Figura 22 - Mapa comportamental 2 - Lab Aberto SENAI .....	49
Figura 23 - Representativo sobre o mobiliário do Fab Lab.....	59
Figura 24 - Representativo sobre o uso da Rede Fab Lab para desenvolver projetos .....	60

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Procedimentos metodológicos .....	29
Quadro 2 - Perfil dos Fab Labs .....	32
Quadro 3 - Máquinas do Fab Lab Newton .....	37
Quadro 4 - Máquinas do Lab Aberto SENAI .....	40
Quadro 5 - Categorização das Tecnologias .....	44
Quadro 6 - Estrutura básica das entrevistas .....	51
Quadro 7 - Perfil dos entrevistados .....	52
Quadro 8 - Pontos positivos e negativos do Open Day .....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tecnologias Digitais utilizadas por <i>makers</i> .....	47
Tabela 2 - Novas Tecnologias Digitais utilizadas por técnicos .....	48
Tabela 3 - Alta Tecnologia utilizada por <i>makers</i> .....	48
Tabela 4 - Alta Tecnologia utilizada por técnicos .....	49
Tabela 5 - Ferramentas utilizadas .....	50
Tabela 6 - Interações .....	51
Tabela 7 - Amostragem dos questionários .....	58

## RESUMO

FELIPE, Davidson Francis Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2019. **Investigação do espaço e do uso de Fab Labs e as relações com o processo de ensino e aprendizagem.** Orientador: Túlio Márcio de Salles Tibúrcio.

Os Fab Labs são ambientes de aprendizagem equipados tecnologicamente e geradores de ideias inovadoras abertos à comunidade. A facilitação ao acesso às novas tecnologias, equipamentos e ferramentas industriais complexas a pessoas comuns tem gerado transformações em diversos aspectos: econômicos, sociais, arquitetônicos e educacionais. O surgimento de espaços *makers* abertos ao público como o Fab Lab tem fomentado cada vez mais a prática do faça-você-mesmo (*Do-it-yourself*), advindo do Movimento *Maker*, implementado nas práticas educacionais em todos os níveis de Educação. Neste espaço, o usuário assume o papel de protagonista e constrói seu conhecimento a partir de experiências que envolvem erros e reparos constantes, criando conexões com o mundo real. Esta pesquisa tem por objetivo investigar o espaço e uso do Fab Lab e suas relações com o processo de ensino aprendizagem. Para alcançar o objetivo foram realizadas abordagens qualitativas e quantitativas. A revisão de literatura fundamentou a pesquisa, permitindo compreender a evolução do ambiente de aprendizagem, identificar modelos e conceitos de espaços *makers*, compreender as metodologias ativas aplicadas na educação superior e o uso das novas tecnologias, e analisar a legislação existente para a educação superior no que tange ao uso de tecnologias no processo de ensino-aprendizagem. A pesquisa adotou uma abordagem multimétodos, para o seu desenvolvimento foram utilizados os seguintes métodos: análise documental, mapeamento tecnológico, mapeamento comportamental, entrevista semiestruturada e questionários. Foram selecionados dois Fab Labs credenciados à rede mundial de Fab Labs: Fab Lab Newton e Lab Aberto SENAI. Resultados mostram que a Cultura *Maker* aliada ao fácil acesso as novas tecnologias de fabricação digital, tem fomentado as pessoas a empreender ideias e a fazer coisas mesmo sem muito conhecimento técnico. Constatou-se que os Fab Labs investigados são espaços que favorecem a criação e interação entre seus usuários, pois são espaços democráticos e socializadores que inspiram a colaboração para desenvolvimento de projetos

diversos e trabalhos acadêmicos. Neste contexto eles contribuem para o processo de ensino e aprendizagem, sugerindo possíveis modelos de espaços de aprendizagem.

## ABSTRACT

FELIPE, Davidson Francis Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2019. **Space research and use of Fab Labs and relations with the teaching and learning process.** Advisor: Túlio Márcio de Salles Tibúrcio.

Fab Labs are technologically equipped learning environments and generators of innovative ideas, open to the community. The easy access to new technologies, equipment and complex industrial tools for ordinary people has generated transformations in several aspects: economic, social, architectural and educational. The emergence of makers space such as Fab Lab, open to public, has increasingly promoted the practice of do-it-yourself, arising from the Maker Movement, implemented in educational practices at all levels of Education. In this space, the user assumes the role of protagonist and builds his knowledge from experiences that involve errors and constant repairs, creating connections with the real world. This research has for aims to investigate the space and the use of the Fab Lab and relationships with the process of teaching learning. To reach the objectives the research approach was qualitative and quantitative. The literature review allowed to understand the evolution of the learning environment, to identify models and concepts of space makers, to understand the active methodologies applied in higher education and the use of new technologies, to analyze existing legislation for higher education regarding the use of technologies in the teaching-learning process. The following methods were used: documentary analysis, technological mapping, behavioral mapping, semi-structured interviews and questionnaires. Two Fab Labs accredited to the Worldwide Network of Fab Labs Fab Lab Newton and Lab Aberto SENAI were located. Results show that the Maker Culture, coupled with easy access to new digital manufacturing technologies, has encouraged people to take ideas and do things even without much technical knowledge. It was verified that the Fab Labs investigated are spaces that facilitate the creation and interaction among users, since they are democratic spaces and socializers that inspire the collaboration for development of a diversity of projects and academic works. Within this context they could contribute to the teaching and learning process suggesting possible models of learning spaces.

## **CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO**

### **1.1 INTRODUÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

O Fab Lab é um laboratório de fabricação digital ligado a uma rede mundial de laboratórios locais. Seu principal conceito é permitir que os usuários empreendam ideias de forma rápida, por meio de acesso a equipamentos tecnológicos partindo do projeto ao protótipo. Por conseguinte, é um espaço sem restrição de práticas e propício à aprendizagem colaborativa (GERSHENFELD, 2012).

O acesso às novas tecnologias pela sociedade atual tem gerado transformações em diversos aspectos: econômicos, sociais, arquitetônicos e educacionais. No campo da educação, este cenário está mudando gradativamente, alterando os processos de ensino-aprendizagem e maximizando as ações e interações em ambientes educativos.

Segundo Anderson (2013), a evolução tecnológica relacionada com fabricação digital está facilitando o acesso a equipamentos e ferramentas industriais complexas. Essa facilidade tem inspirado práticas educacionais que se baseiam no Movimento *Maker*, pelo qual pessoas comuns podem construir, consertar e fabricar uma diversidade de objetos e executar projetos (PENIDO, 2016).

Conforme Martinez e Stager (2013), Jean Piaget, como precursor da teoria de aprendizagem nomeada Construtivismo, defendia que o conhecimento é o processamento interno do aprendiz em decorrência do fazer e não o resultado de uma receita de informações transmitida por alguém. Para Jonassen (2008), o conhecimento deriva das interações com o meio ambiente, ou seja, o aluno aprende no contexto que está inserido, ancorado na experimentação. Gershenfeld (2012) destaca a prática como fonte de aprendizagem, sendo a superação das dificuldades e do erro um processo de desenvolvimento para a inovação, amparado por abordagens colaborativas e transdisciplinares, características presentes em um Fab Lab.

Blikstein (2014) afirma que a fabricação digital potencializa a formação da ideia e a invenção, acelera as etapas de projeto e oferece experiências de aprendizagem colaborativa em todas as etapas de desenvolvimento de um produto. Conforme

Eychenne (2012), os Fab Labs são para o *Center for Bits and Atoms* (CBA) como uma ferramenta de transformação educacional que democratiza o uso de grandes máquinas.

Gershenfeld (2012) também ressalta a importância desses laboratórios como espaços de aprendizagem e de formação, além da colaboração e cooperação entre os usuários. Para Eychenne (2013), a ligação em rede entre todos os Fab Labs visa permitir tirar dúvidas e compartilhar conhecimento.

A partir do contexto apresentado, onde a fabricação digital facilita os processos de ensino-aprendizagem, questiona-se:

- O Fab Lab pode ser uma tipologia de sala de aula em universidades?
- O Fab Lab atenderia às aulas de quaisquer cursos e área de conhecimento?
- Enquanto tipologia de sala de aula, o Fab Lab demandaria abordagens pedagógicas específicas?

Com base nestes questionamentos, a pesquisa buscou dentro do contexto do ensino superior, investigar se a fabricação digital, o acesso a equipamentos tecnológicos industriais e a aprendizagem colaborativa nos Fab Labs favorecem a formação dos alunos, não só no aspecto prático, mas também nas expertises construídas pela base teórica.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Investigar o espaço e uso do Fab Lab e suas relações com o processo de ensino aprendizagem.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Estudar conceitos e modelos de Fab Labs;
- Analisar configurações espaciais para Fab Labs;
- Identificar os equipamentos tecnológicos necessários para a montagem de um Fab Lab;

- Analisar a legislação referente à Educação Nacional no que tange às formas alternativas de ensino.
- Mapear o comportamento de usuários referente a processos de aprendizagem em espaços de Fab Lab;
- Verificar a percepção dos usuários de Fab Lab quanto ao uso das tecnologias digitais no processo de aprender e fazer.

### 1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

A disseminação das tecnologias eletrônicas de comunicação e de informação desencadeou transformações na sociedade atual e no modo de fazer educação (KENSKI, 1998). No âmbito educacional, especificamente os conhecimentos teóricos eram exclusivos da escola e eram aplicados de forma gradativa até a formação do aluno. Contudo, atualmente, a constante evolução tecnológica impõe novos ritmos e dimensões ao processo de ensino-aprendizagem (KENSKI, 1998).

Tibúrcio (2007) investigou a inserção de tecnologias digitais em salas de aula, levantando grande discussão sobre as potencialidades e contribuições dessas tecnologias no processo de ensino e aprendizagem. De acordo com Penido (2016), é natural que as tecnologias digitais transformem as ações e relacionamentos, principalmente, entre as novas gerações que têm acesso a esses recursos, podendo aprender a fazer coisas novas por meio de tutoriais na internet, estudar para as provas e interagir nas redes sociais ou por meio de aplicativos de mensagens instantâneas, ampliando seus conhecimentos ou organizando grupos de estudos.

Horn e Staker (2015) afirmam que o ensino híbrido é uma estratégia para que o processo de ensino-aprendizagem ocorra com êxito na sociedade atual. Para Espíndola (2016), essa estratégia é conhecida como *blended-learning* e combina práticas pedagógicas do ensino presencial e do ensino a distância, objetivando melhorar o desempenho dos alunos.

Segundo Mota (2012), os Fab Labs são espaços potencialmente promissivos à inovação, pois são guiados pelos princípios da interdisciplinaridade,

compartilhamento e aprendizagem, principalmente, por meio de práticas inovadoras.

A realização desta pesquisa justifica-se pela aplicação dos resultados da investigação científica para o ensino contemporâneo, propondo a implantação de um ambiente equipado com recursos tecnológicos, interativo e capaz de potencializar os processos de ensino-aprendizagem, através da cultura do fazer (*Cultura Maker*) no ensino superior. Além disso, justifica-se, pela demanda por ambientes de aprendizagem que comportem as novas tecnologias e permitam aos alunos construir conhecimento por meio de novas estratégias de ensino.

#### **1.4 ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

A dissertação foi estruturada em cinco capítulos, contendo: Introdução; Revisão de Literatura; Metodologia; Resultados e Discussão e o capítulo final de Conclusão.

O Capítulo 1 contextualiza o universo do trabalho e explora pontos centrais da temática da pesquisa.

O Capítulo 2 apresenta o referencial teórico da pesquisa. Trata-se da revisão de literatura, abordando tópicos inerentes ao tema fundamentando a pesquisa no âmbito da *Cultura Maker*, processos de ensino-aprendizagem, espaço físico dos Fab Labs, legislações e as novas tecnologias.

No Capítulo 3 a metodologia utilizada no trabalho é descrita, elencando os procedimentos metodológicos para coleta de dados e análise; e o Capítulo 4 apresenta a análise e discussão dos dados obtidos na pesquisa de campo e nos documentos estudados.

O Capítulo 5 apresenta as conclusões do trabalho, a resposta à pergunta da pesquisa, o atendimento dos objetivos, as limitações da pesquisa e sugestões para novos trabalhos.

## CAPÍTULO 2 – REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta o conceito da Cultura *Maker*, a relação das novas tecnologias com a arquitetura de ambientes de ensino e algumas metodologias de ensino-aprendizagem aplicadas na Educação Superior.

### 2.1 MOVIMENTO MAKER

Embora o contexto atual apresente uma tecno-dependência da sociedade, uma nova revolução industrial e tecnológica, o cenário da educação tem se alterado com o uso de tecnologias e processo de ensino-aprendizagem advindo do Construtivismo. Nessa perspectiva, procurou-se contextualizar conceitual e historicamente o Movimento *Maker*.

O Movimento *Maker* foi iniciado e influenciado por pensadores que questionaram o ensino tradicional com base na memorização. Um dos principais pensadores desse movimento foi Piaget (1896 - 1980), que rejeitou profundamente a educação regimentada pelos modelos de fábrica, sucedidos da Revolução Industrial (RIBEIRO, 2016).

Segundo Martinez e Stager (2013), Piaget defendia que o conhecimento não era o resultado de uma receita de informações transmitidas por alguém, o aprendiz precisava, todavia, processar internamente a aprendizagem pela prática (*learning by doing*). O foco principal era uma educação que preparasse crianças para resolver problemas, a partir de suas ações engajadas na experiência.

Ribeiro (2016) afirma que o *maker*<sup>1</sup> (fazedor) nesse movimento desenvolve ações de criação (*making*) tomando o controle e a responsabilidade pela própria aprendizagem. O educador, nesse movimento dos fazedores (*maker*), deve instruir o aprendiz na busca por informações e auxiliá-lo no desenvolvimento de sua criação, independentemente dessa ação ser em uma sala de aula ou não (STEPHENS, 2013). Ainda conforme Stephens (2013), o importante não é onde ou por meio de qual tecnologia o aprendiz irá aprender, mas sim a aprendizagem.

---

<sup>1</sup> Um *maker* é a pessoa que faz ou fabrica os objetos com suas próprias mãos, desenvolvendo todo o processo. Está relacionado com o movimento DIY (*Do it yourself* – Faça você mesmo). É um conceito antigo, mas que passou a ter grande importância com o surgimento dos novos espaços de produção desencadeados com a revolução digital (EYCHENNE; NEVES, 2013).

No que tange à educação, Martinez e Stager (2013) enfatizam que, apesar de o Movimento *Maker* ter nascido em conexão com as tecnologias digitais, as crianças já carregam, por natureza, o *status* de *makers*, pois sempre fizeram coisas (*madethings*), tais como: casa em árvore, *skates* com materiais descartados, casa de bonecas, fortes e até iglus feitos de caixa de papelão.

Nesse sentido, as construções criativas são realizadas a partir de aprendizagem social, desencadeada pelas brincadeiras; as construções colaborativas, por sua vez, são motivadas pela experimentação, pela curiosidade e pela criatividade. Martinez e Stager (2013) consideram como a grande diferença na atualidade que essas construções estejam também disponíveis nos computadores.

O Movimento *Maker* tem relação direta com o Fab Lab, objeto de estudo desta pesquisa, pois possui enfoque interdisciplinar, inovador e criativo, pontos-chaves no cenário da educação contemporânea.

## **2.2 A CONCEPÇÃO E A EVOLUÇÃO DO AMBIENTE DE APRENDIZAGEM**

A evolução segue lentamente, as filosofias da educação e a visão diferenciada do aluno do século passado. A escola do século XIX oferecia uma educação rígida e inflexível, traduzida espacialmente em salas onde as carteiras eram dispostas em fila, fixas no chão e o professor em posição de destaque e controle (AZEVEDO, 2002).

Ao longo dos séculos as práticas pedagógicas, mais discursivas, destacaram-se nas formas de comunicação entre o aluno e o professor nos processos de ensino-aprendizagem, sendo, posteriormente, diferenciadas com a inserção do quadro negro, marcando a transição do auditório para sala de aula. No século XX, foram sendo incorporados anexos de apoio ao redor da sala de aula tais como bibliotecas, laboratórios e sala multimídia (CARVALHO NETO, 2006).

Nesse sentido, Tibúrcio, Gonzaga e Rocha (2013, p.3) destacam que:

[...] as novas tecnologias estão invadindo os ambientes de aprendizagem. Nas escolas, os quadros negros estão sendo substituídos por quadros interativos, os livros didáticos por laptops e CD ROMS, as transparências pelo uso de softwares como o Power Point e similares. (TIBÚRCIO; GONZAGA; ROCHA, 2013, p.3).

A Figura 1 ilustra alguns dos equipamentos eletrônicos inseridos na sala de aula da sociedade informatizada, substituindo os elementos tradicionais desse ambiente de aprendizagem.



Figura 1 – HP Classroom

Fonte: [www8.hp.com/us/en/classmanager/overview.html](http://www8.hp.com/us/en/classmanager/overview.html)

Os novos métodos de ensino-aprendizagem tornaram necessário um novo olhar sobre a concepção dos ambientes de aprendizagem, estabelecendo um compromisso entre a educação e a solução espacial (AZEVEDO, 2002).

Atualmente, o edifício escolar se tornou complexo e repleto de elementos que interagem simultaneamente, tais como o aluno, o professor, a área do conhecimento, as teorias pedagógicas, a organização de grupos, o material de apoio, a instituição, o lugar, entre outros (KOWALTOWSKI, 2011).

Conforme Tibúrcio (2015, p.3), “projetar uma escola hoje requer a incorporação de novas tecnologias e a criação de espaços que sejam imaginativos e estimulantes para ajudar os aprendizes a obterem melhor desempenho acadêmico”.

### **2.2.1 A concepção do ambiente de aprendizagem**

Os novos modelos de ensino-aprendizagem demandaram um novo olhar sobre a concepção dos ambientes de aprendizagem, estabelecendo um compromisso entre a educação e a solução espacial (AZEVEDO, 2002).

Atualmente, o edifício escolar se tornou complexo e repleto de elementos que interagem simultaneamente, tais como, o aluno, o professor, a área do conhecimento, as teorias pedagógicas, a organização de grupos, o material de apoio, a instituição, o lugar, entre outros (KOWALTOWSKI, 2011).

Segundo Tibúrcio (2008, p.2), “projetar uma escola hoje requer a incorporação de novas tecnologias e a criação de espaços que sejam imaginativos e estimulantes para ajudar os aprendizes a obterem melhor desempenho acadêmico”.

Kowaltowski (2011) ressalta que, a participação de vários agentes no processo de projeto pode gerar reflexão e interesse dos usuários, configurando o início para as inovações e melhorias no ambiente de aprendizagem. Em relação à qualidade na construção desse tipo de ambiente de aprendizagem, é necessário que o processo de projeto estruture os aspectos funcionais, aspectos técnicos de projeto e a relação entre o comportamento humano e o ambiente físico.

A etapa preliminar de estudos e viabilidade do projeto é considerada por muitos pesquisadores e profissionais da área como a mais importante e desafiadora (MOREIRA; KOWALTOWSKI, 2009), pois consiste em coletar dados, compreender e organizar as informações necessárias para o desenvolvimento do projeto do edifício.

Os Fab Labs possuem uma estrutura mais complexa que uma sala de aula devido à sua dimensão e seus equipamentos, porém no que tange ao comportamento humano, permite que os usuários interajam com seus pares, com a tecnologia e com o ambiente construído, principalmente por ser esse um dos focos desse tipo de ambiente de aprendizagem.

### **2.2.2 Ambientes de criação e inovação**

Atualmente, os ambientes de inovação são diversificados e possuem características distintas, seja no tipo de espaço físico, na oferta de espaços físicos e virtuais, nas possibilidades de eventos, cursos e atividades vinculadas à disseminação do conhecimento, bem como no desenvolvimento e gestão de comunidades para o desenvolvimento da promoção e da cultura de inovação e do empreendedorismo.

Jackson (2013, p.5-7) apresenta alguns destes “novos” modelos de ambientes de inovação, como:

**a) Labs:** são laboratórios criados por grandes corporações para tirar proveito do modelo *lean*<sup>2</sup>, distribuídos em todas as esferas da estrutura tradicional de uma empresa.

**b) Incubadoras:** são projetadas para apoiar a criação de empresas e empresários em desenvolvimento. Fornecem princípios e estruturas necessárias para empresas em crescimento para que estas rapidamente possam conquistar clientes e escala de mercado. Muitas vezes, as incubadoras sediam uma série de pequenos startups, quase como uma escola.

**c) HomeOffice:** são escritório em casa, com base no trabalho remoto ou como um negócio independente ou “*solopreneur*”.<sup>3</sup>

**d) Coworking Spaces:** para Fost (2008) e Leforestier (2009) é o compartilhamento de estrutura física, mobiliário, custos de locação, serviços de telefonia, internet e secretária, bem como, de um endereço comercial, gerando um ambiente propício ao networking, à troca de experiências, o compartilhamento de conhecimentos, a participação de eventos e a programas de capacitação. Este ambiente possibilita a geração de novos negócios, a inovação, o empreendedorismo, a disseminação do conhecimento.

**e) Fab Lab:** Um Fab Lab consiste num conjunto de ferramentas industriais de prototipagem rápida, como fresadoras de pequeno e grande porte, máquinas de corte a laser e de corte de vinil, dispondo ainda de uma bancada de eletrônica, computadores e respectivas ferramentas de programação informática suportadas por *software open source* e por *freeware* CAD e CAM. Este é um conceito desenhado e pensado para a comunidade, fomentando uma educação técnica informal, *peer-to-peer*, vindo proporcionar o ambiente ideal para a invenção.

Cada modelo apresenta as suas especificidades, sendo que alguns já se constituem em um espaço físico de interação e conexão como um *coworking*. O Fab Lab, possui essa característica e é um modelo que desde sua criação passou a ser adotado por universidades, grupos de *makers* independentes e até corporações privadas que trabalham sob a lógica de redes de compartilhamento e

---

<sup>2</sup> A palavra *lean* pode ser traduzida como “enxuta”, então, Lean startup significa, numa tradução livre, startup enxuta.

<sup>3</sup> Único empreendedor (*one man show*)

produção de conhecimento. Dentre os modelos apresentados os Fab Lab, especificamente, serão investigados neste estudo de caso.

## **2.3 TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO**

Isoldi, Sattler e Gutierrez (2006, citados por BRAZ, 2016, p.6), afirmam que o termo “Tecnologia” significa saberes práticos, técnicas e métodos, processos científicos utilizados para alcançar um dado objetivo.

Sunaga e Carvalho (2015) diferem tecnologia de instrumento. Para eles, a tecnologia é interface, termo que surgiu da informática e é caracterizado pela interação e multiplicidade. Interface significa encontro de duas faces ou mais em atitude comunicacional e dialógica. Os autores definem instrumento como um determinado objeto utilizado no trabalho fabril nos primórdios da sociedade industrial.

De acordo com Neto (2007), existe o termo Tecnologias Educacionais. Inicialmente, a definição de Tecnologias Educacionais era pautada na utilização de multimídias com a finalidade de formação dos alunos. Com o desenvolvimento da informática em 1970 e o surgimento das TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação), os computadores são utilizados com finalidade educacional. Sendo assim, Tecnologias Educacionais compreendem as TIC, utilizadas com a finalidade de formação do aluno.

Segundo Kenski (2007), as Novas Tecnologias da Informação e da Comunicação (nTICs) são caracterizadas pela constante evolução, por uma base imaterial, ou seja, o espaço virtual que tem a informação como a sua matéria prima.

As atuais TDIC - Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação - direcionam para novas formas de aprendizagens. Aprendizagens que se apresentam como construções criativas, fluidas, mutáveis, que contribuem para que as pessoas e a sociedade possam vivenciar pensamentos, comportamentos e ações criativas e inovadoras, que as encaminhem para novos avanços sociais (KENSKI 2003).

### **2.3.1 TICs no ensino superior**

O avanço das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), tem facilitado a disseminação e o acesso às informações. Porém, é necessário desenvolver

competências e habilidades para adquirir conhecimento por esse meio (AMEM, 2006). Dentro desse contexto, a transmissão de conhecimento e informação deixou de ser unidirecional, sendo fundamental a interação, a troca de experiências e estimular à criatividade dos alunos (KENSKI, 2008).

As TICs permitem que o aluno construa seu próprio conhecimento além de facilitar o processo interdisciplinar, pois, apresentam uma série de vantagens em relação aos métodos convencionais de ensino-aprendizagem instigando a aprender, pesquisar e saber (AMEM, 2006).

No ensino superior, observa-se a necessidade de propiciar aos jovens condições para se desenvolverem numa dimensão integrada do ponto de vista cognitivo, social, moral e ético. Com a criação de ambientes virtuais de aprendizagem, os alunos têm a possibilidade de se relacionar, trocando informações e experiências. Os professores têm a possibilidade de realizar trabalhos em grupos, debates, fóruns, dentre outras formas de tornar a aprendizagem mais significativa. Nesse sentido, a gestão do próprio conhecimento depende da infraestrutura e da vontade de cada indivíduo (KENSKI, 2008).

O Fab Lab é um espaço dotado de tecnologias que fomenta a interação entre pessoas e a interação virtual por meio de uma rede. O laboratório surgiu a partir da experiência proposta pelo professor Neil Gershenfeld, diretor do *Center of Bits and Atoms* (CBA), do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), que em seu projeto, *How do (almost) anything?*, reuniu seus alunos em oficinas de prototipação coletiva de objetos para atender as necessidades deles, sem fins comerciais (ANDERSON, 2012).

### **2.3.2 TICs nos ambientes de aprendizagem**

As TIC, a arquitetura do ambiente de aprendizagem e o processo de ensino-aprendizagem são elementos que se relacionam. As TIC e arquitetura impactam de maneira direta e indireta no processo de ensino-aprendizagem.

De acordo com Tibúrcio (2009), as TIC têm sido incorporadas aos ambientes de aprendizagem para acesso à informação, assim como as novas ferramentas e dispositivos, buscando facilitar a interação e ajudar nos processos cognitivos de

aprendizagem. Os aparatos tecnológicos atuais utilizados nesses ambientes proporcionam ao aluno maior evolução cognitiva (KENSKI, 2007).

Kowaltowski (2011) afirma que o fator psicológico, o conforto ambiental e os aparatos tecnológicos influenciam no processo de ensino-aprendizagem do aluno.

Segundo Kenski (1998), as tecnologias redimensionaram o espaço da sala de aula em dois aspectos. O primeiro diz respeito aos procedimentos realizados pelo grupo de alunos e professores no próprio espaço físico da sala de aula. Neste ambiente, a possibilidade de acesso a outros locais de aprendizagem, bibliotecas, museus, centros de pesquisas, outras escolas. Os alunos e professores podem interagir e aprender, modificando toda a dinâmica das relações de ensino-aprendizagem. Em um segundo aspecto, é o próprio espaço físico da sala de aula que também se altera.

O Fab Lab, enquanto ambiente de aprendizagem colaborativa auxiliado pelas TIC, possui em sua estrutura plataformas de compartilhamentos (*Open Source*) onde todos, sem restrições, podem acessar a projetos e protótipos, utilizando-se da rede de compartilhamento de saberes.

## **2.4 METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO SUPERIOR**

As metodologias ativas concebem a educação como uma maneira de mostrar caminhos para a autonomia, a autodeterminação do aluno, pessoal e social. Então, elas são indispensáveis para o desenvolvimento da consciência crítica, com o propósito de modificar a realidade. Assim, a motivação do aluno passa a ser o ponto central de todo o processo de ensino-aprendizagem (HONÓRIO, 2013?). A seguir, busca-se examinar metodologias ativas empregadas no ensino superior que se baseiam em aprendizagem colaborativa.

### **2.4.1 Inteligência coletiva: colaboração e compartilhamento de saberes**

Sobre as novas formas de relação com o conhecimento, Lévy afirma: “Qualquer reflexão sobre o futuro dos sistemas de educação e de formação na cibercultura deve ser fundada em uma análise prévia da mutação contemporânea da relação com o saber” (LÉVY, 2000, p.157).

Dada a importância das relações com o conhecimento para pensarmos a educação da atualidade, é importante expor uma definição inicial do que seja o conhecimento:

Mas o que é o saber? Não se trata apenas, é claro, do conhecimento científico – recente, raro e limitado – mas daquele que qualifica a espécie: *homo sapiens*. Cada vez que um ser humano organiza ou reorganiza sua relação consigo mesmo, com seus semelhantes, com as coisas, com os signos, com o cosmo, ele se envolve em uma atividade de conhecimento, de aprendizado. (LÉVY, 1998, p.121).

Atualmente, colaborar e compartilhar saberes são comuns e aplicáveis às pessoas, pois há uma ruptura com os modelos tradicionais de aprendizagem, organização e forma de pensar. A Era da Informação, de maneira geral, constitui o novo momento histórico em que a base de todas as relações se estabelece através da informação e da sua capacidade de processamento e de geração de conhecimentos.

Segundo Bransford (2007, citado por Ribeiro, 2016), o saber associa-se com capacidade das pessoas colaborarem e compartilharem informações e conhecimento em rede, diferentemente do saber baseado no conceito de lembrar e repetir informações. Para Levy (1998), as informações encontradas na web e organizadas na inteligência coletiva, transformam a construção do conhecimento.

Este fenômeno de compartilhamento de informações em rede, Castells (1999) denomina “sociedade em rede”, que tem como lastro revolucionário a apropriação da Internet com seus usos e aspectos incorporados pelo sistema capitalista. A sociedade em rede também é analisada por Lévy (1999) que a chama ciberultura, sendo, pois, este novo espaço de interações propiciado pela realidade virtual. Ao explicar o virtual, a cultura cibernética, em que as pessoas experienciam uma nova relação espaço-tempo, Lévy (1998) utiliza a mesma analogia da rede para indicar a formação de uma inteligência coletiva.

A construção de conhecimento e o processo de aprendizagem são personalizados, pois a distribuição da informação nas mídias perde a característica unilateral e passa a ter a concepção de *peer-to-peer* (reciprocidade). As mídias digitais permitem protagonismo, aprendizagem

independente, colaboração, conectivismo e hibridização dos meios e das linguagens (JORENTE, 2012).

Segundo Kenski (2008), interagir com as informações e com as pessoas para aprender é fundamental. Entender que as pessoas são diferentes e que os métodos ativos auxiliados pela tecnologia em sinergia com o espaço arquitetônico, potencialmente, refletem na formação social e intelectual dos alunos.

#### **2.4.2 Ensino híbrido aplicado ao ensino superior**

O ensino híbrido é uma estratégia para que o processo de ensino-aprendizagem ocorra com êxito na sociedade atual (HORN; STAKER, 2015). Essa estratégia combina práticas pedagógicas do ensino presencial e do ensino a distância, objetivando contribuir com o desempenho dos alunos tanto no ensino presencial quanto no ensino à distância. Esta modalidade é conhecida também como *blended-learning* (ESPÍNDOLA, 2016).

O termo híbrido vem sendo utilizado tanto na Arquitetura e Urbanismo como na educação, partindo-se do pressuposto do híbrido como mistura de espécies. Moran (2015) define híbrido como mesclado, misturado, *blended*. Para Cunha (2012), na Arquitetura, o híbrido é associado a diferentes funções e programas que, quando cruzados e confrontados em uma única estrutura, geram um edifício híbrido.

Segundo Moran (2015), a educação sempre foi híbrida, combinando e interagindo com vários espaços, tempos, metodologias e públicos. Bacich, Tanzi Neto, e Trevisani (2015), afirmam que a educação híbrida é uma ideia que não limita a forma de aprender e que a aprendizagem é um processo contínuo, que ocorre em espaços diferentes e de modos diferentes.

Clayton Christensen (2013, citado por BACICH, TANZI NETO, e TREVISANI 2015, p.53) propõe um modelo de ensino híbrido (Figura 2) no qual o aluno aprende por meio de ensino *on-line*, com algum elemento de controle sobre o tempo, lugar, modo e/ou ritmo do estudo, e por meio de ensino presencial, na escola. Nesses moldes de ensino, o aluno informa como aprende melhor para que seus objetivos sejam organizados de forma ativa, junto com o professor.

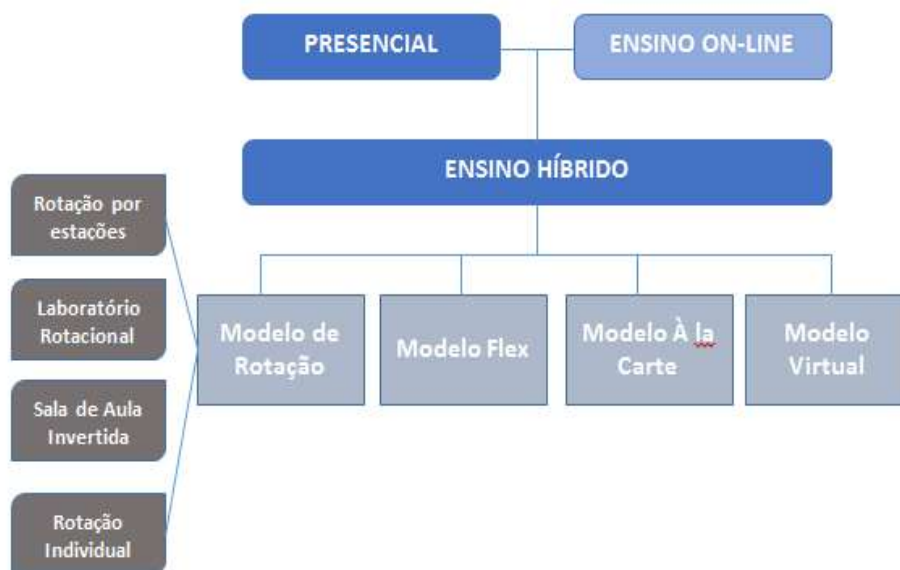


Figura 2 - Proposta de Ensino Híbrido  
 Fonte: CHRISTENSEN, 2013.

Nesse ensino há, para Horn e Staker (2015, p. 55-58), quatro modelos básicos, que são:

- **Modelo de rotação:** os estudantes revezam uns com os outros as atividades realizadas de acordo com um horário fixo ou com a orientação do professor. As tarefas podem envolver discussões em grupo (com ou sem presença do professor), atividades escritas, leituras e, necessariamente, uma atividade on-line.
- **Modelo flex:** os estudantes têm uma lista de tarefas a ser cumprida, com ênfase no ensino online. O ritmo de cada estudante é personalizado e o professor fica à disposição para esclarecer dúvidas.
- **Modelo à la carte:** os estudantes, em parceria com o educador, são responsáveis pela organização de seus estudos, de acordo com os objetivos gerais a serem atingidos; a aprendizagem é personalizada, podendo ocorrer no momento e no local mais adequados. A atividade *on-line* pode ocorrer na escola, em casa ou em outros locais.
- **Modelo virtual enriquecido:** os estudantes dividem seu tempo, em cada disciplina, entre a aprendizagem online e a presencial. Essa experiência é realizada por toda a escola, que permite aos estudantes se apresentarem na escola apenas uma vez por semana.

Os modelos Flex, à la Carte e Virtual Enriquecido são considerados bastante disruptivos em razão de exigirem organização escolar bastante distinta da tradicional. No modelo de rotação, há ainda subdivisões como: rotação por estações, laboratório rotacional, sala de aula invertida e rotação individual. Dessas quatro subdivisões, a que mais tem se destacado é o da sala de aula invertida, a qual tem por premissa inverter a prática da sala de aula, situando o momento palestra em casa e no momento prática (dever de casa) para escola (KHAN, 2013).

O ensino híbrido conecta os métodos selecionados nessa pesquisa, possibilitando ampliar a inteligência coletiva e o compartilhamento de saberes entre os alunos, o método se aplica ao modelo de trabalho aplicado em espaços *makers*.

## **2.5 FABRICAÇÃO DIGITAL**

A interação entre o homem e a máquina vem permitindo inovações que poderão mudar a natureza dos processos de fabricação (ANDERSON, 2012). Para Anderson (2012), a evolução das ferramentas, instrumentos e, posteriormente, das máquinas, deram origem ao que chamamos de “máquinas de controle numérico”. Uma fusão entre a indústria mecânica tradicional e a informática. São máquinas que executam tarefas de maneira digital, em que a intervenção humana, em termos físicos, é quase inexistente.

Para Igoe e Mota (2011, citado por OLIVEIRA, 2016, p.20), a Fabricação Digital pode ser definida como um novo tipo de indústria que utiliza ferramentas e processos controlados por computador para transformar, diretamente, projetos digitais em produtos físicos. Isso inclui todas as tecnologias que utilizam métodos de deposição de materiais para o desenvolvimento de estruturas de duas ou três dimensões, padrões ou produtos.

Gershenfeld (2012), afirma que o amplo acesso a essas tecnologias vai desafiar os modelos tradicionais de negócio, investimentos e educação. Ainda segundo Gershenfeld (2012), o termo “fabricação digital” refere-se a processos que utilizam ferramentas controladas por computador descendentes da fresadora de 1952 numericamente controlada do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT).

Esse processo de Fabricação Digital tem impactado também no surgimento de novos espaços, como os Fab Labs, os *Maker Spaces*, *TechShops*.

### 2.5.1 O que é um Fab Lab?

O conceito de Fab Lab teve sua origem no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), no laboratório interdisciplinar *Center for Bits and Atoms* (CBA), em uma disciplina acadêmica conduzida pelo professor Neil Gershenfeld, chamada “Como fazer ‘quase’ tudo”. A disciplina mantinha encontros entre estudantes, profissionais e empreendedores, em busca de espaço adequado e equipado com máquinas, ferramentas e todo suporte necessário para a prototipagem e o desenvolvimento de produtos e de ideias. (NEVES, 2014).

Gershenfeld (2005, citado por Oliveira, 2016), satisfeito com o entusiasmo e o retorno positivo de seus alunos, utilizou sua disciplina como modelo para a criação de outras unidades fora da universidade com a finalidade de oferecer acesso aos mesmos. Desta forma, o MIT levou para diferentes locais o conhecimento técnico e o equipamento para criação e experimentação, deixando disponível, de forma aberta, ao público em geral.

A esses locais Gershenfeld nomeou de Laboratórios de Fabricação Digital – Fab Labs, que é uma plataforma de prototipagem rápida destinada aos empreendedores que querem passar mais rapidamente do conceito ao protótipo, aos designers, aos artistas, aos estudantes, e a qualquer pessoa que deseja experimentar e enriquecer seus conhecimentos práticos em eletrônica, sem a necessidade de ser especialista (EYCHENNES; NEVES, 2013).

Segundo Mota (2012), os Fab Labs são guiados pelos princípios da interdisciplinaridade, compartilhamento e aprendizagem, através de práticas inovadoras. Incorporam em si um enorme potencial enquanto espaço para surgimento da inovação. Para Eychenne e Neves (2013), são ambientes que permitem que qualquer pessoa, com ou sem formação técnica, aprenda e tenha espaço para experimentar e buscar tornar seu projeto palpável. Este aspecto leva a outros ideais do laboratório, baseados na ausência de hierarquia entre profissionais e amadores, e entre projetos de alta dimensão tecnológica e projetos práticos e experimentais.

De acordo com Gershenfeld (2013), estes espaços visam empoderar os seus membros para a realização de soluções sustentáveis usando ferramentas e equipamentos de fonte aberta, sempre que possível (*open software, open*

*hardware, open design, open learning*), de modo a permitir a todos a possibilidade de criarem, a baixo custo, produtos que satisfazem a necessidade de uma, de cem, ou de mil pessoas, com a possibilidade de muito rapidamente mostrar a viabilidade dessas ideias através da aceitação pela comunidade, alavancando melhorias que farão essas soluções evoluir colaborativamente.

### 2.5.2 Espaço físico de um Fab Lab

O *Center for Bits and Atoms - Massachusetts Institute of Technology* (CBA-MIT) não determina um espaço físico, mas se estima que para montar um Fab Lab seja necessária uma área aproximadamente entre 100m<sup>2</sup> e 250m<sup>2</sup>, de acordo com a quantidade e dimensões das máquinas e equipamentos (EYCHENNE; NEVES, 2013). Embora o CBA-MIT não estipule uma área útil necessária ou defenda um determinado layout padrão, os laboratórios pertencentes à rede compartilham uma configuração semelhante quanto à disposição de equipamentos e do espaço de trabalho. O Fab *Fundation* utiliza como modelo a ser seguido o Fab Lab de Chicago do Museu de Ciência e Indústria, conforme apresentado na Figura 3.



Figura 3 - Layout Sugerido pelo CBA-MIT  
Fonte: OLIVEIRA, 2016

Os Fab Labs apresentam, um amplo espaço central, que muitas vezes está dividido, separando os equipamentos menos silenciosos ou perigosos e que geram muita poeira, além de espaços dedicados a computadores, bancadas e mesas grandes destinadas a reuniões, espaços para exposição e estocagem de material.

### 2.5.3 Equipamentos utilizados

Segundo Eychenne e Neves (2013), de acordo com as diretrizes do CBAMIT, os Fab Labs apresentam um conjunto de atributos específicos que juntos formam seu conceito principal: oferecer acesso ao público geral e a utilização de máquinas de comando numérico, conduzidas por computadores com a capacidade de interpretar arquivos de CAD (*Computer Aided Design*). O CBA-MIT disponibiliza em seu site um documento no qual apresenta um conjunto básico de máquinas, componentes eletrônicos e acessórios de apoio para a concepção de um Fab Lab.

Para Eychenne e Neves (2013), este pacote de equipamentos é importante para a conexão entre os diversos Fab Labs espalhados pelo mundo, pois facilita a replicação e o desenvolvimento de um projeto ou processo de trabalho similar. A Figura 4 apresenta o Kit Básico indicado pelo CBA-MIT que são essenciais para o funcionamento de um Fab Lab.



Figura 4 - Kit Básico de máquinas do Fab Lab  
Fonte: Adaptado de Fab Lab Brasil, 2018

### 2.5.4 A rede do Fab Lab

Segundo Oliveira (2016), existem 503 Fab Labs espalhados pelo mundo. No site do MIT ([www.fabfoundation.org](http://www.fabfoundation.org)) existe um mapa marcado com as atualizações, Figura 5, onde se encontram registrados os nomes de todos os laboratórios em funcionamento pelo mundo. No Brasil, existem até o momento, setenta e sete laboratórios credenciados à rede Fab Lab. Um estudo publicado por Sperling *et al.* (2015), afirma que existem 31 laboratórios da América do Sul referente à infraestrutura, atividades, usos e aplicações da Fabricação Digital aplicada à arquitetura, apresentado nas Figura 6.



Figura 5 - Mapa da rede mundial de Fab Labs  
Fonte: [www.fabfoundation.org](http://www.fabfoundation.org)



Figura 6 - Usos da Fabricação Digital na América do Sul  
Fonte: Adaptado de Sperling *et al.* (2015)

Conceitualmente, o ideal seria a participação de todos os laboratórios de forma aberta e com acesso livre e conectados com os outros laboratórios globais. Porém, isso não acontece na prática. Um laboratório pode mudar as suas operações ao longo do tempo para ajustar pressões econômicas ou para responder a uma base específica de usuários (SPERLING *et al.*, 2015). As metodologias ativas e as Tics estão inseridas no contexto dos Fab Labs de forma direta e indireta. Dentro dos laboratórios ligados a intuições de ensino elas tornam-se ferramentas facilitadoras do processo de ensino-aprendizagem.

O próximo capítulo apresenta a metodologia da pesquisa, sustentada pela revisão de literatura discutida neste Capítulo 2.

## CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

Neste capítulo, são apresentados os objetos de análise, os Fab Labs estudados, os métodos e técnicas empregadas e os instrumentos utilizados para coleta e análise de dados da pesquisa. A pesquisa adotou uma abordagem multimétodos definida de acordo com o objetivo geral de investigar o espaço e uso do Fab Lab e suas relações com o processo de ensino aprendizagem.

### 3.1 Estrutura metodológica da pesquisa

Com a abordagem multimétodos e para elucidar os procedimentos de coleta de dados, a pesquisa foi dividida em duas etapas: pesquisa teórica e pesquisa de campo no Fab Lab Newton e no Lab Aberto SENAI. A Figura 7 mostra a estrutura metodológica da pesquisa.

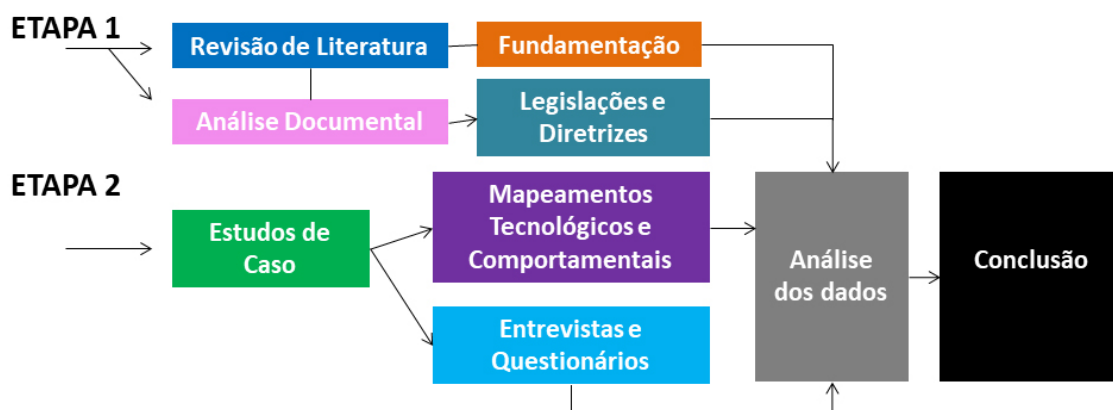


Figura 7 - Metodologia da Pesquisa  
Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.2 Descrição dos Fab Labs Estudados

#### 3.2.1 Fab Lab Newton

O Fab Lab Newton foi iniciado oficialmente em outubro de 2015 e foi o primeiro do Estado de Minas Gerais. Ligado à Rede Fab Lab, o laboratório vem se destacando no cenário nacional com inúmeras atividades e projetos acadêmicos diversos.

Pensado a partir da participação do Centro Universitário Newton Paiva no *Global Entrepreneurship Lab* nos Estados Unidos, o Fab Lab é Acadêmico e está inserido no *Campus Buritys* em Belo Horizonte-MG.

Segundo a Fab Manager, o laboratório busca oferecer incentivo à pesquisa e à inovação. Funciona como um laboratório vivo voltado para pesquisas e produções, disponibilizando máquinas, ferramentas e tecnologias digitais para elaboração de protótipos, maquetes e a realização de experimentos de produtos em pequena escala.

Atualmente, este Fab Lab tem participado de grandes eventos como o *Maker Faire*, tem ofertado cursos de extensão e de capacitação. O público deste laboratório, em sua maioria são estudantes, professores, designers e arquitetos conforme Figura 8.



Figura 8 - Fab Lab Newton  
Fonte: Acervo do autor, 2018

### 3.2.2 Lab Aberto SENAI

O Lab Aberto SENAI MG está conectada à Rede Fab Lab, e possui parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o SENAI e o Sebrae. O

laboratório promove treinamento e cursos, estimula pessoas através da economia criativa, da inovação e do conhecimento.

Situado no Centro de Inovação e Tecnologia (CIT) SENAI FIEMG em Belo Horizonte-MG, o Laboratório fica em uma região conhecida como "Cidade do Conhecimento". A conexão com a comunidade se dá por meio de ações itinerantes como o *Lab Truck Tuor* que percorre a capital mineira e o interior do Estado, levando a fabricação digital até as pessoas. O caminhão-laboratório (Figura 9) possui equipamentos que pertencem ao Kit Básico Fab Lab.



Figura 9 - Lab Truck SENAI  
Fonte: Acervo do autor, 2018

O *Lab Truck Tour* pode ser considerado uma ação de democratização da tecnologia e de suas possibilidades. O público que visita o caminhão-laboratório participa de oficinas e treinamentos, conforme Figura 10, experimentando equipamentos e componentes de um espaço *maker*, como impressora 3D, prototipadora de circuito e arduínos.



Figura 10 - Máquinas Lab Truck SENAI  
Fonte: Acervo do autor, 2018

O Lab Aberto SENAI é um Fab Lab Público e os usuários frequentes neste laboratório são em sua maioria *makers*, microempreendedores, designers e engenheiros. O ambiente é bem dinâmico e oferece desde *coworking*, conforme Figura 11, a espaço de conversação e diversão.



Figura 11 - Lab Abeto SENAI  
Fonte: Acervo do autor, 2018

### 3.3. Objetos de Investigação e Sujeitos da Pesquisa

Para alcançar os objetivos da pesquisa foram realizadas abordagens qualitativas e quantitativas. Os sujeitos da pesquisa são os usuários dos Fab Labs: professores, alunos, diretores, empreendedores, Fab Manager, etc. Os objetos de investigação são os equipamentos tecnológicos (máquinas, computadores, smartphones) e os usuários. Para alcançar os objetivos da pesquisa, a coleta de dados, foi realizada recorrendo-se a fontes de evidências como a análise documental, a observação *in loco* para a elaboração do mapeamento tecnológico e mapas comportamentais, entrevistas semiestruturadas e aplicação de questionários.

### 3.4. População e Amostra

Foi feito um levantamento de todos os Fab Labs pertencentes a Rede Fab Lab existentes no Brasil. De acordo com a Rede Fab Labs, em Minas Gerais existem

sete laboratórios credenciados. Dos Laboratórios existentes, foram selecionados quatro que estão na região metropolitana da Capital mineira, a escolha dos Fab Labs se deu pelo modelo dos laboratórios. Foram convidados a participar da pesquisa, por meio de carta via e-mail, contendo uma apresentação resumida sobre a pesquisa além de contato telefônico. Dos laboratórios convidados, apenas dois aceitaram participar: Fab Lab Newton e Lab Aberto SENAI.

De acordo com a visita técnica *in loco* realizada em 2017, o Fab Lab Newton, conta com um atendimento ao público de 25 usuários por dia, dentre estes estão alunos, professores e profissionais. Segundo o diretor geral do Lab Aberto SENAI, o laboratório atende a um público de 30 usuários, sendo *makers*, profissionais, alunos e designers. Muitos destes são mensalistas e usam o laboratório diariamente. A investigação da pesquisa foi composta por uma população com 60 sujeitos, considerando os usuários alunos e professores.

A amostra dos sujeitos investigados dos Fab Labs contém alunos, *makers*, Fab Manager e Diretores técnicos. A amostra do Fab Lab NEWTON corresponde a 1 Fab Manager, 2 diretores técnicos e 20 usuários totalizando 23 sujeitos, o Lab Aberto SENAI, totalizando 25 sujeitos, sendo eles 1 Fab Manager, 2 diretores técnicos e 22 *makers*. O número total da amostra corresponde a 48 sujeitos.

### **3.5. Instrumentos para Coleta de Dados**

Este item descreve os métodos e os procedimentos metodológicos da pesquisa, bem como as técnicas e ferramentas usadas para coleta dos dados.

#### **Etapa 1 – Pesquisa Teórica**

A pesquisa teórica iniciou-se com a revisão de literatura, que permitiu fundamentar a pesquisa com base em autores como Anderson (2012), Eychenne; Neves (2013), Kenski (1998), Moran (2015) e Tibúrcio (2007). Foram analisados documentos relacionados ao Ensino Superior e aos Fab Labs. Na pesquisa documental foram analisados os seguintes documentos:

- Fab Charter (Carta de princípios do Fab Lab);
- Regulamentos do Fab Lab RSGQ 15.0;
- Lei Nº 13.005 - Plano Nacional de Educação (PNE);
- Diretrizes Curriculares Nacionais de Cursos de Graduação;

- Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB);

## **Etapa 2 – Pesquisa de Campo**

A pesquisa de campo foi realizada pelo método de estudos de casos múltiplos, permitindo realizar o mapeamento tecnológico dos dois Fab Labs e também os mapas comportamentais dos usuários de ambos.

Para investigar o comportamento dos usuários em cada Fab Lab foram elaborados mapas comportamentais que é um método embasado na psicologia ambiental, que estuda o comportamento das pessoas no ambiente construído e a relação delas com o espaço edificado (Zeisel, 1984 citado por Tibúrcio, 2007) utilizando o mapa tecnológico como base.

O mapeamento comportamental utiliza uma planta baixa do espaço a ser observado para anotar as observações. Durante as sessões de observação são produzidos vários mapas gráficos gerados a partir de desenhos de tempo em tempo de acordo com as ações que se procura registrar. Este método tem sido amplamente usado por pesquisadores como Zeisel (1984), Horne Martin (2002) e Tibúrcio e Finch (2005).

O foco das observações foi o uso dos equipamentos tecnológicos e ações ligadas aos processos de ensino-aprendizagem nos Fab Labs pelos usuários. Os mapas foram produzidos por meio de desenhos das ações a cada 10 minutos, pois o tempo médio de algumas máquinas são de 25 minutos ou mais. Máquinas como as impressoras 3D, levam horas para concluir um projeto, implicando apenas em simples monitoramento dos técnicos quanto ao seu funcionamento.

Foram realizadas 11 observações no Fab Lab Newton e 9 observações no Lab Aberto SENAI, sendo produzido um total de 48 mapas em todas as observações feitas. Também foram feitos registros fotográficos das ações e interações dos usuários.

Para o mapeamento foi criado uma legenda, conforme o Anexo III, respectivamente. Os *makers* e técnicos eram representados por símbolos e cores (Zeisel, 1984; Tibúrcio, 2007; Rheingantz et. al. 2009), as máquinas e outros equipamentos tecnológicos por pictogramas.

As entrevistas semi-estruturadas foram gravadas e realizadas nos Fab Labs, com a finalidade de verificar a percepção dos usuários quanto ao uso das tecnologias no processo de aprender e fazer. Foi realizada uma pesquisa qualitativa exploratória, que, de acordo com as perspectivas para métodos qualitativos de coleta e análise de dados de Flick (2009) e Bardin (2010), situa-se como entrevista semiestruturada com análise de conteúdo.

“A entrevista é um encontro entre duas pessoas, a fim de que uma delas obtenha informações a respeito de determinado assunto, mediante uma conversação de natureza profissional”. (MARCONI; LAKATOS, 1996 p.84).

Partido da definição segundo Marconi e Lakatos (1996), foram entrevistados professores, alunos, diretores, Fab Manager, Técnicos e usuários de Fab Lab.

Para a obtenção de informações detalhadas sobre os temas, foram aplicados questionários. Os questionários foram enviados via e-mail contendo apenas perguntas fechadas, e aplicados *in loco* com perguntas abertas e fechadas direcionadas ao ambiente construído, ao uso de tecnologias e ao processo de ensino-aprendizagem.

A análise documental e a fundamentação teórica foram qualitativas. O mapeamento tecnológico permitiu quantificar os equipamentos tecnológicos existentes, analisando-os qualitativamente. Os mapas comportamentais são quantitativos e as análises dos questionários e entrevistas são quali-quantitativas. O Quadro 1 apresenta os métodos e técnicas que foram elencados para cada objetivo específico da pesquisa.

Quadro 1 - Procedimentos metodológicos

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	MÉTODO	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Analisar configurações espaciais para Fab Labs;	Estudos de Casos Múltiplos	Análise Documental	Documentos
		Observação <i>in Loco</i> .	Laboratórios/ Objeto Real
Identificar os equipamentos tecnológicos do Fab Lab;	Mapeamento tecnológico	Observação <i>in Loco</i>	Celular para fotos; Formulários; Plantas Baixas
Analisar a legislação referente à Educação Nacional.	Análise Documental	Fichamento	Leis, Diretrizes, Resoluções
Mapear o comportamento dos usuários;	Mapa comportamental	Observação <i>in Loco</i>	Desenhos; Tabelas; Mapeamento; Formulários
Verificar a percepção dos usuários.	Entrevistas Semiestruturada e Questionários	Abordagem Direta e Abordagem Eletrônica	Roteiro de entrevista; Questionário padronizado de múltipla escolha

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.6. Análise dos Dados

A análise documental foi qualitativa, detalhando o que as legislações abordavam sobre uso de tecnologias no processo de ensino-aprendizagem e os parâmetros e regras da rede Fab Lab para credenciamento de um laboratório de fabricação digital. O mapeamento tecnológico permitiu quantificar as tecnologias existentes verificando a capacidade de atendimento ao público de cada laboratório. Foi feita uma análise qualitativa do mapeamento tecnológico para aferir a proporção espacial e oferta de máquinas necessária para montagem de um laboratório para sala de aula.

O mapa comportamental foi analisado quantitativamente por meio de contagem de interações entre: usuário - usuários, usuário – máquinas, usuário - TICs e usuário – tutor e qualitativamente discutindo o uso das tecnologias durante os

processos de fazer. Foi contado o número de vezes que ocorreram essas interações com as tecnologias digitais e máquinas durante a observação *in loco*.

Utilizou-se como metodologia para a análise do conteúdo das entrevistas, realizadas de forma semiestruturadas, a análise de conteúdo de Bardin (2010).

Esse procedimento é entendido como um conjunto de técnicas de análise de conversação com o intuito de obter, através de técnicas sistemáticas e objetivas de como descrever o conteúdo das mensagens, indicadores que podem ser quantitativos ou não, que permitam o entendimento dos conhecimentos relativos. O tratamento e a interpretação dos resultados obtidos foram analisados qualitativamente.

Os questionários foram analisados quantitativa e qualitativamente. A técnica usada foi análise estatística descritiva em porcentagem (OLIVEIRA, 2007); as questões abertas foram analisadas qualitativamente, através da categorização do conteúdo das informações (FRANCO, 2008). Os dados foram compilados através da utilização de planilhas eletrônicas, gráficos e tabelas. Obtidos os resultados, foi possível a apresentação de conclusões relacionadas aos objetivos deste trabalho. Através da análise dos resultados, foram elaboradas as considerações finais e conclusões da pesquisa.

## **CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Este capítulo apresenta a interpretação e a discussão dos resultados coletados por meio dos instrumentos escolhidos para análise dos Fab Labs.

Foram tratados conceitos sobre fabricação digital, modelos de Fab Labs, métodos pedagógicos em espaços colaborativos e o uso de tecnologias no processo de ensino-aprendizagem.

### **14.1 PERFIL DE AMOSTRA**

Os Fab Labs escolhidos para estudos múltiplo de caso, pertencem à Rede mundial Fab Lab e estão implantados no estado de Minas Gerais, no Brasil. Devido à dificuldade para liberação e a distância entre os Fab Labs, foram estudados apenas dois laboratórios: Fab Lab Newton (Acadêmico), está inserido dentro do Centro Universitário Newton Paiva, atende os alunos e é aberto à comunidade; O Lab Aberto SENAI (Público), está dentro do Centro de Inovação e Tecnologia SENAI FIEMG CIT, dos visitados é o mais amplo e com maior diversidade de serviços, possui atividades pagas, realiza palestras e treinamentos, atende à comunidade com um Fab Lab itinerante (Lab Truck SENAI) e é aberto à comunidade. O Quadro 2 apresenta o perfil dos Fab Labs analisados.

Quadro 2 - Perfil dos Fab Labs

<b>LABORATÓRIOS</b>	<b>Fab Lab Newton</b>	<b>Lab Aberto SENAI</b>
<b>Modelo</b>	<b>Acadêmico</b>	<b>Público</b>
<b>Espaço Físico</b>	152m <sup>2</sup>	550m <sup>2</sup>
<b>Número de Máquinas</b>	10	10
<b>Objetivos</b>	Facilitar a prototipagem de ideias, visando à inovação e à invenção.	Estimular a inovação, a criatividade e o trabalho colaborativo.
<b>Usuários</b>	Estudantes de graduação e Pós-graduação; Professores; Designers; empresas e Inventores.	<i>Makers</i> ; Designers; Profissionais empreendedores; empresas e Estudantes.
<b>Serviços e Habilidades</b>	Softwares de modelagem 2D e 3D; Impressora 3D; Cortadora a Laser; Cortadora de Vinil; Fresadora; CNC de Precisão; Fresadora CNC de grande formato; Eletrônica; Programação.	Capacitações e palestras; Coworking; Ambiente de Prototipagem Rápida; Assessoria em Modelo de Negócio; Lab itinerante.
<b>Open Day</b>	Todas as quartas-feiras	Em estruturação, porém há o Lab Truck que é itinerante.

Fonte: Elaborado pelo autor

## 4.2 ANÁLISE DOCUMENTAL

A seguir são apresentados os regulamentos dos Fab Labs com seus respectivos objetivos e as legislações que norteiam a Educação Superior.

### 4.2.1 Fab Charter

O Fab Charter é um conjunto de princípios que são subscritos em todos os Fab Labs que se credenciam à Fab Foundation. Os princípios inerentes ao modo de funcionamento dos laboratórios proporcionam as condições para que os meios de produção sejam democratizados, acessíveis a todos os usuários em todos os

tipos de Fab Labs. São eles: Liberdade de acesso, aprendizagem colaborativa e partilhada, confidencialidade, negócios comerciais e responsabilidade quanto à segurança, operações e conhecimento.

A rede orienta que a Carta Fab esteja acessível aos usuários. Nota-se que, apesar dos Fab Labs estarem estruturados sob o compromisso de fazer algo orientado para a coletividade e o compartilhamento de projetos ser um dos princípios, a Fab Charter também permite a preservação da propriedade intelectual.

#### **4.2.2 Regulamentos do Fab Lab RSGQ 15.0**

O RSGQ 15.0 é um documento que é composto por regras de uso do Fab Lab Newton especificamente. Este documento é um regulamento que dispõe sobre os deveres, responsabilidades, proibições e normas de segurança referentes ao uso do Fab Lab Newton pelos alunos, docentes e comunidade.

No regulamento prevê uma capacidade de aproximadamente 20 alunos sentados. O documento responsabiliza o professor de identificar a viabilidade quanto ao número de estudantes que poderão realizar simultaneamente as atividades da aula, sendo que este número pode variar de acordo com a atividade a ser realizada. Não é permitida a utilização dos computadores do Fab Lab para aulas de software, pois eles são de utilização da equipe interna ou por alunos em fase de desenvolvimento do projeto, acompanhado do Mentor Técnico.

Para agendamento de aulas no Fab Lab é necessário o prévio agendamento pelo site e a entrega do protocolo de aula prática preenchido e assinado (Anexo 1). Durante as atividades, o mentor técnico não deve permitir que os alunos executem-nas de forma diferente da orientada, exceto em casos de aula prática, em que a responsabilidade é exclusiva do professor.

Além das responsabilidades dos usuários, o documento apresenta algumas restrições e proibições, das quais, ressalto duas:

- É proibido produzir projetos pessoais ou que não estejam relacionados a alguma iniciativa de interesse da Newton.

- Usar celular de modo que traga riscos à segurança da atividade desempenhada ou de modo que atrapalhe o trabalho dos demais usuários.

Compartilhar conhecimento e somar competências são princípios inerentes à cultura *maker*. Portanto o Fab Lab é receptivo a propostas de parcerias para utilização da estrutura por parte de empresas sem vínculo com a comunidade Newton.

#### **4.2.3 As Tecnologias na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), 1996**

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), nº 9.394/96, define e regulamenta a organização da educação brasileira com base nos princípios presentes na Constituição. Nesta Lei, existem discussões acerca da formação de profissionais da educação referenciando as NTICs e a questão dos recursos tecnológicos a serem direcionados à esta formação. Em relação aos recursos financeiros para tecnologias, há um título da LDB (Título VII) que é dedicado a essa questão, no qual a tecnologia aparece quando há referência à aquisição, manutenção, construção e conservação de instalações e equipamentos necessários a todos os níveis de ensino.

#### **4.2.4 As Tecnologias na Lei Plano Nacional de Educação (PNE), 2014**

O Plano Nacional de Educação é uma lei que direciona o sistema educacional brasileiro em sua totalidade. No que tange ao foco tecnológico da pesquisa, ele apresenta metas e estratégias a serem alcançadas que visam melhorar o processo de ensino-aprendizagem em todas as camadas da Educação.

Este plano estabelece diretrizes para desenvolver tecnologias pedagógicas, considerando as especificidades da educação e o contexto comunitário. Em relação as NTICs, indica a necessidade de se promover práticas pedagógicas inovadoras, a diversificação dos métodos de ensino, possibilitando a universalização da *internet* de recursos educacionais abertos e *software* livres, com o objetivo de melhorar a educação básica.

Sobre o uso das tecnologias no ensino superior, a preocupação é formar o aluno para ser um profissional e produzir conhecimento, de ser um pesquisador, principalmente na área de ciência e tecnologia.

Quanto à criação de espaços *makers* ou que fomentem o uso de tecnologias diversificadas, o PNE possui metas para implementar programas de capacitação tecnológica da população jovem, adulta e com deficiência, por meio de ações de extensão desenvolvidas em centros vocacionais tecnológicos que favoreçam a efetiva inclusão social e produtiva dessa população.

#### **4.2.5 As Tecnologias na Resolução Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação da área de Ciências Exatas e Tecnológicas**

As diretrizes curriculares são elementos de fundamentação essencial a cada área do conhecimento, campo do saber ou profissão, estimula a capacidade de desenvolvimento intelectual e profissional autônomo e permanente dos estudantes. Implementa a criação de programas de iniciação científica nos quais os alunos possam desenvolver sua criatividade e análise crítica.

As NTICs fazem parte do processo de ensino-aprendizagem de cursos da área de Ciências Exatas e Tecnológicas. Isso ocorre quando o documento discorre sobre habilidades, conhecimentos profissionais e conteúdos curriculares de cada curso, o trecho a seguir concerne ao curso de Arquitetura e Urbanismo: “II – produção em ateliê, experimentação em laboratórios, elaboração de modelos, utilização de computadores, consultas em bibliotecas e a banco de dados” (Conselho Nacional de Educação. Art. 6º. § 5º, β010).

O uso de instrumento informático é citado como parte importante e inovadora no processo de ensino-aprendizagem.

### **4.3 MAPEAMENTO TECNOLÓGICO**

O mapeamento tecnológico dos laboratórios possibilitou perceber a diversidade de Novas Tecnologias Digitais e Altas Tecnologias encontradas nesses espaços. Um ponto observado nos laboratórios estudados é a forma arquitetônica da planta baixa, que é retangular e o fato de atenderem à exigência mínima estabelecida pela Rede Fab Lab.

O Fab Lab Newton é um espaço compacto com 152m<sup>2</sup>, com infraestrutura básica completa. Possui Luminárias, tomadas altas e baixas nas paredes e pilares,

tomadas nas bancadas e mesas, Interruptores e Ar condicionado, conforme Figura 12.



Figura 12 - Tecnologias no Fab Lab Newton  
Fonte: Acervo do autor, 2018

O Quadro 3 apresenta as máquinas identificadas no Fab Lab Newton com suas principais características.

Quadro 3 - Máquinas do Fab Lab Newton

MODELO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
<p data-bbox="400 300 632 327"><b>CNC - LC111390</b></p> 	<p data-bbox="826 300 1401 483">A máquina de gravação e corte Laser CUT LC1390 é um equipamento de alta performance, robusto e de fácil operação, ideal para trabalhos que exigem gravação e corte com velocidade e precisão.</p> <p data-bbox="826 517 1401 629"><b>Aplicação:</b> Acrílico, madeira, PVC, vidro orgânico, vestuário, papel, couro, borracha e outros materiais não metálicos.</p>
<p data-bbox="280 710 751 736"><b>IMPRESSORA 3D PRO GTMAX3D</b></p> 	<p data-bbox="826 710 1401 893">Possui uma plataforma aquecida que usa PLA ou ABS para imprimir os objetos com dimensões máximas de 200 x 200 x 200 mm e volume total da área de impressão = 8000cm<sup>3</sup>.</p> <p data-bbox="826 927 1401 1039"><b>Aplicação:</b> Impressão com materiais que sofrem contração como o ABS, Tritan, Nylon, ABS-PC dentre outros.</p>
<p data-bbox="408 1158 624 1184"><b>CAMM-1 GS-24</b></p> 	<p data-bbox="826 1158 1401 1382">Máquina para cortar vinil adesivo com precisão. A partir da utilização de uma folha fina de cobre adesivo, é possível criar circuitos eletrônicos flexíveis, abrindo novas possibilidades para projetos eletrônicos.</p> <p data-bbox="826 1415 1401 1639"><b>Aplicação:</b> Aceita uma ampla gama de materiais, de 2 polegadas a 27,5 polegadas de largura, incluindo vinil, materiais de etiqueta de 0,1 mm ou espessuras menores, máscara de tinta, sarga e outros.</p>
<p data-bbox="456 1677 576 1704"><b>MDX-40<sup>a</sup></b></p>	<p data-bbox="826 1677 1401 1823">Fresadora CNC de bancada MDX-40A permite criar modelos 3D, protótipos de produtos, peças de encaixe rápido, moldes 3D, chapas e gravuras.</p>

 <p>UTILIZAÇÃO SOB ACOMPANHAMENTO DO MENTOR TÉCNICO</p>	<p><b>Aplicação:</b> Diversos materiais, incluindo plásticos, madeira, ABS, Nylon, acrílico e outros.</p>
<p><b>ROUTER - D54</b></p> 	<p>Máquina fresadora CNC desenvolvida para realização de serviços como corte 2D, usinagem 3D, furação, gravação em baixo e alto relevo, recorte e modelagem. A partir de um projeto com software, desenhos vetorizados, a máquina executa cortes, gravações e outros nos materiais escolhidos.</p> <p><b>Aplicação:</b> Plásticos e acrílicos, todos os tipos de madeiras e compostos como MDF, MDP, compensado, fenólicos e alguns tipos de metais.</p>
<p><b>IMPRESSORA 3D Ultimaker 2</b></p> 	<p>Este modelo de impressora 3D FDM é <i>open source</i>, e pode ser usado com uma variedade de ferramentas de software. A Ultimaker 2 é precisa e confiável.</p> <p><b>Aplicação:</b> Compatível com uma grande variedade de filamentos (PLA, ABS, CPE, HIPS, materiais com partículas de metais, com partículas de madeira, etc.)</p>

Fonte: Elaborado pelo autor

Os equipamentos móveis identificados são: *Notebooks* e *Smartphones* dos usuários e corpo técnico, também foram identificados: computadores de mesa, *SmartTV* e impressoras. Foi identificado ferramentas de trabalhos manuais, de uso em equipamentos eletrônicos e ferramentas de médio porte como a furadeira de bancada. A Figura 13 apresenta o mapa tecnológico do Fab Lab Newton.

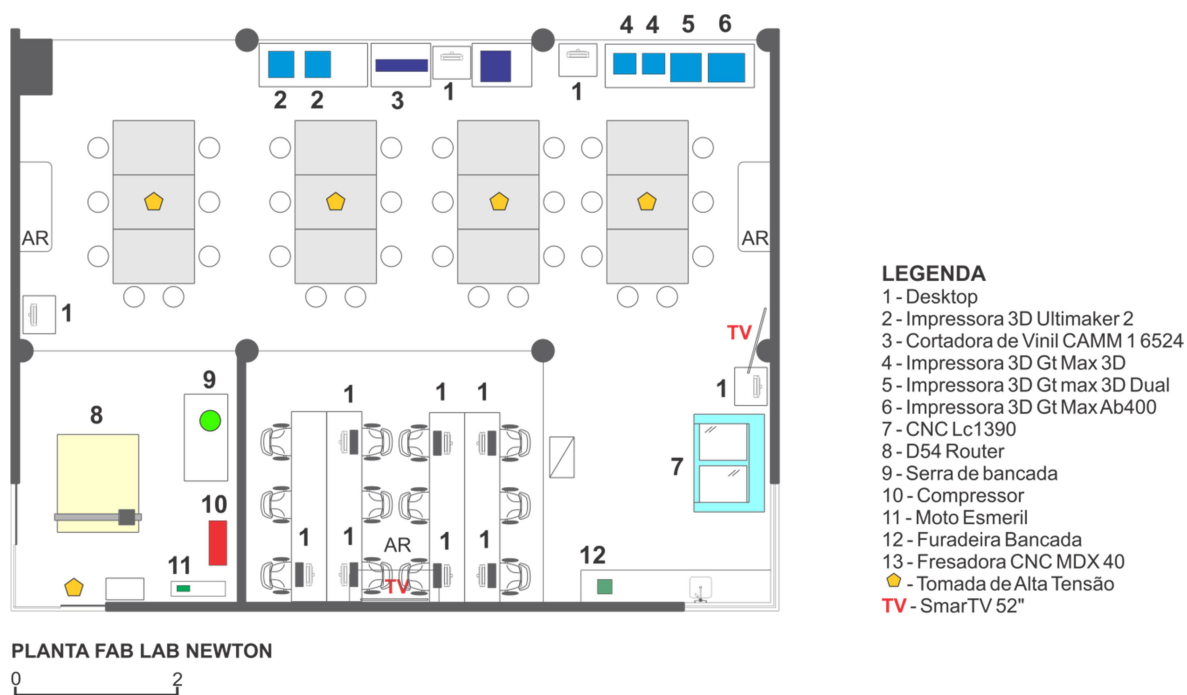


Figura 13 - Mapa Tecnológico Fab Lab Newton

Fonte: Acervo do autor, 2018

O Lab Aberto SENAI é amplo e possui 550m<sup>2</sup>, com infraestrutura básica completa. Possui luminárias, tomadas altas e baixas nas paredes, tomadas nas bancadas e mesas, bancada multifunção (a), serra tico-tico, torno (b), impressoras (c), fresadoras (d) e ar condicionado, foi identificado somente em salas específicas, conforme Figura 14..



Figura 14 - Tecnologias e ferramentas Lab Aberto SENAI

Fonte: Elaborado pelo autor

O laboratório possui muitos equipamentos para trabalhos com eletrônicos, conforme Figura 15. Não foi possível identificá-los, pois eles pertenciam à um *maker* mensalista que disponibilizou seus equipamentos para o laboratório.




Figura 15 - Equipamentos eletrônicos Lab Aberto SENAI

Fonte: Acervo do autor, 2018

O Quadro 4 apresenta as máquinas identificadas no Lab Aberto SENAI com suas principais características.

Quadro 4 - Máquinas do Lab Aberto SENAI

MODELO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
<p data-bbox="373 1395 651 1429"><b>MASCOTE MS205</b></p> 	<p data-bbox="820 1395 1390 1507">Toro mecânico Nardini MS 205. Máquina-ferramenta utilizada para confecção e acabamento de peças.</p> <p data-bbox="820 1514 1390 1664"><b>Aplicação:</b> Barramento com guias temperadas e retificadas. Cinemastismo com elevado diapasão e constante progressão geométrica.</p>
<p data-bbox="411 1809 612 1843"><b>CNC - LC1390</b></p>	<p data-bbox="820 1809 1390 2000">A máquina de gravação e corte Laser CUT LC1390 é um equipamento de alta performance, robusto e de fácil operação, ideal para trabalhos que exigem gravação e corte com velocidade e precisão.</p>

	<p><b>Aplicação:</b> Acrílico, madeira, PVC, vidro orgânico, vestuário, papel, couro, borracha e outros materiais não metálicos.</p>
<p><b>IMPRESSORA 3D PRO GTMAX3D</b></p> 	<p>Possui uma plataforma aquecida que usa PLA ou ABS para imprimir os objetos com dimensões máximas de 200 x 200 x 200 mm e volume total da área de impressão = 8000cm<sup>3</sup>.</p> <p><b>Aplicação:</b> Impressão com materiais que sofrem contração como o ABS, Tritan, Nylon, ABS-PC dentre outros.</p>
<p><b>REPLICATOR MAKERBOT 2X</b></p> 	<p>Impressora 3D com extrusão dupla, sua tecnologia traz duas cores entrelaçadas e impressas por meio de bicos distintos precisamente alinhados. Não necessita pausar para troca de filamentos.</p> <p><b>Aplicação:</b> Compatível com uma grande variedade de filamentos (PLA, ABS, CPE, HIPS, materiais com partículas de metais, com partículas de madeira, etc).</p>
<p><b>CNC – EMCO PC MILL 50</b></p> 	<p>Fresadora CNC de bancada PC MILL50 permite criar modelos 3D, protótipos de produtos.</p> <p><b>Aplicação:</b> Plásticos, madeira, alumínio, aço e outros.</p>
<p><b>911 THERMOFORMING CENTER</b></p>	<p>Centro de termoformação combina seis processos em uma única unidade móvel: <i>Vacuum Forming</i>, com dois tamanhos de folha de 305 x 305 mm e 305 x 152 mm. Forno Circulado por Ventilador com controle digital de temperatura de até 400 ° C. Isso pode ser usado para aquecer</p>

	<p>materiais antes do sopro da cúpula, moldagem por injeção, extrusão e revestimento por imersão.</p> <p><b>Aplicação:</b> Acrílico, Polipropileno e PVC. Extrusão, moldagem por injeção, revestimento por imersão, forma a vácuo e soldagem plástica.</p>
<p><b>REPLICATOR Z18</b></p> 	<p>Esta impressora 3D FDM da makerbot permite construir projetos altos e grandes.</p> <p><b>Aplicação:</b> Compatível com uma grande variedade de filamentos (PLA, ABS, CPE, HIPS, materiais com partículas de metais, com partículas de madeira, etc.)</p>

Fonte: Elaborado pelo autor

Os equipamentos móveis identificados são: *Notebooks* e *Smartphones* dos *makers*, e corpo técnico, computadores de mesa, *SmartTV*, projetores, câmeras e impressoras. A Figura 16 apresenta o espaço de webconferência, onde foi identificado *webcam*, *smartv*, projetor, telefone, roteador e ar condicionado.



Figura 16 - Sala de Conferências e reuniões Lab Aberto SENAI

Fonte: Acervo do autor, 2018

Foi identificado amplo acervo de ferramentas manuais (Figura 17), de uso em equipamentos eletrônicos e ferramentas de grande porte controladas por *softwares*.

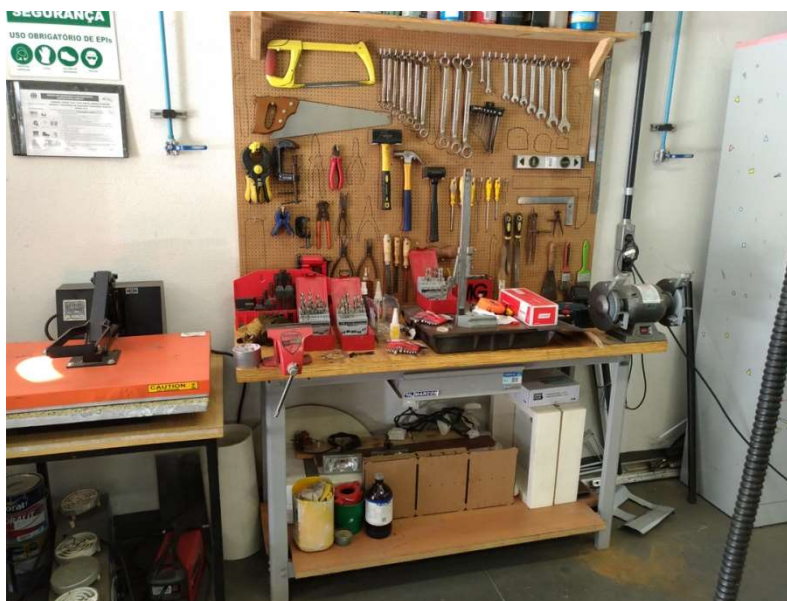


Figura 17 - Ferramentas Lab Aberto SENAI

Fonte: Acervo do autor, 2018

A Figura 18, apresenta o mapa tecnológico do Lab Aberto SENAI, onde é possível perceber a diversidade de equipamentos e quantidade dos que foram identificados durante o levantamento.



Figura 18 - Mapa Tecnológico Lab Aberto SENAI

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 5 categoriza as tecnologias encontradas nos Fab Labs, identificadas no mapeamento tecnológico, considerando as novas tecnologias digitais, a alta tecnologia e tecnologias tradicionais, compostas principalmente por ferramentas manuais.

Quadro 5 - Categorização das Tecnologias

<b>LABORATÓRIO</b>	<b>TECNOLOGIAS DIGITAIS</b>	<b>ALTA TECNOLOGIA</b>	<b>TECNOLOGIAS TRADICIONAIS</b>
<b>Fab Lab Newton</b>	Projetor	Impressoras 3D	Furadeira de bancada
	Internet Wireless	CNC LC1390	Esmeriladeira
	Notebooks	Fresadora MDX-40A	Compressor
	Desktops	SmartTV	Serra Tico-tico
	Webcam	Smartphones	Alicates
	Impressora	Corte a Laser	Chaves de fenda
	Telefones	D54 Laser e Router	Chaves de boca
		Impressora de vinil	Pincéis
			Ferro de solda
<b>Lab Aberto SENAI</b>	Projetor	Impressoras 3D	Torno
	Internet Wireless	CNC LC1390	Serra Tico-tico
	Notebooks	Fresadora PC MILL50	Furadeira de precisão
	Desktops	SmartTV	Bancada Multifuncional
	Webcam	Smartphones	Lixadeira
	Impressoras	Corte a Laser	Furadeira
	Telefones	Termo formagem	Alicates
		Impressora de vinil	Chaves de fenda
			Chaves de boca
			Pincéis
			Serrote
			Arco de Serra
			Formão
		Ferro de solda	

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando o Quadro 3, percebe-se que as tecnologias digitais usadas no Fab Lab Newton e Lab Aberto SENAI são coerentes com os respectivos modelos de laboratório e que os dois possuem o kit básico estipulado pela rede, porém o Lab Aberto é o único que trabalha com máquinas complementares e ferramentas de grande porte. O Fab Lab Newton, por ser compacto não oferta o uso de ferramentas maiores e complexas, restringindo-se às máquinas básicas e o

trabalho com eletrônicos, que se justifica por receber uma comunidade de hackers que dependem do espaço para desenvolver seus projetos.

#### 4.4 MAPEAMENTO COMPORTAMENTAL

As visitas aos laboratórios foram aleatórias e de acordo com as autorizações de cada um. Por se tratar de laboratórios mantidos por empresas particulares, eles são restritos ao público externo.

No Fab Lab Newton foram feitas 11 observações e produzidos 27 mapas comportamentais e no Lab Aberto SENAI foram 9 observações e 21 mapas comportamentais.

A Figura 19, mostra um exemplo de mapa comportamental em que os alunos estavam fazendo a impressão de uma maquete no Fab Lab Newton. Dois alunos trabalharam colaborativamente na montagem de uma maquete física cortada na máquina laser CNC LC 1390.

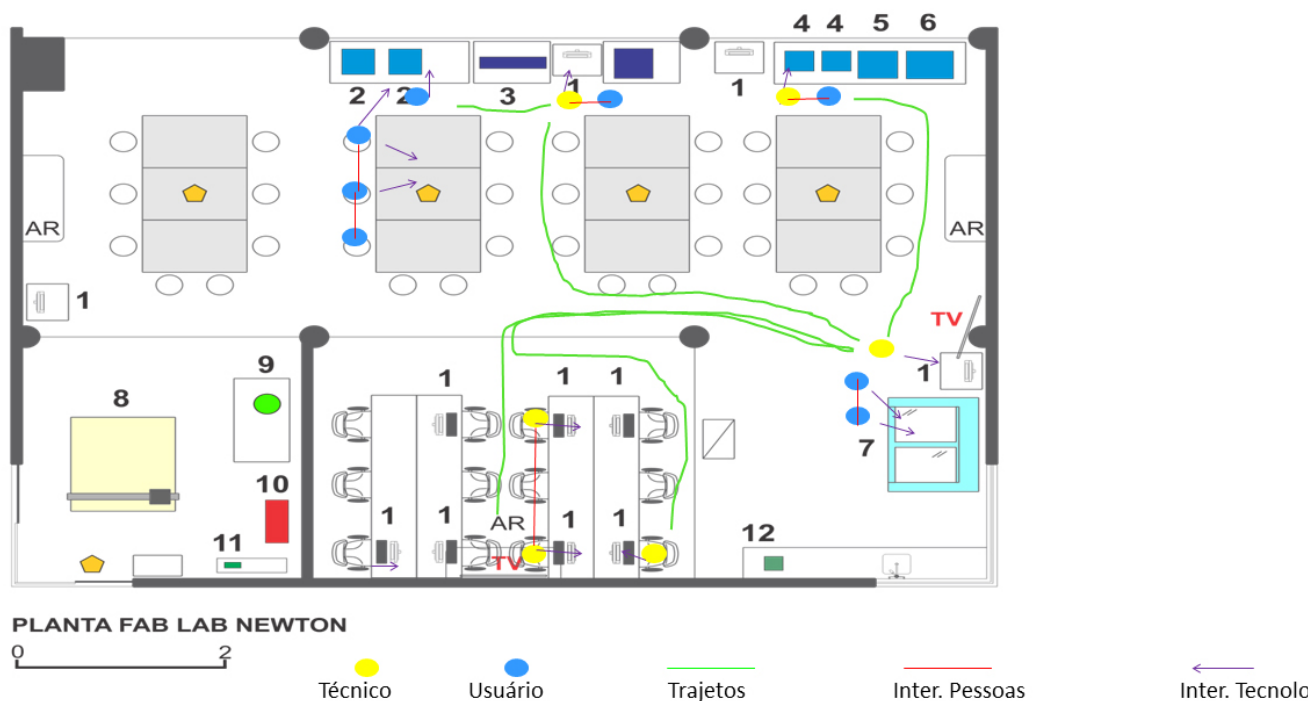


Figura 19 - Mapa comportamental Fab Lab Newton

Fonte: Elaborado pelo autor

Foi observada a rotina particular de cada laboratório investigado. O Fab Lab Newton funciona de segunda a sexta-feira de 8h às 22h, excepcionalmente no

horário de funcionamento do Centro universitário Newton Paiva, mantenedora do laboratório, seguindo também seu cronograma semestral. Aos sábados pela manhã, um grupo de *Hackers* usam o Fab Lab como um *hackerspace* para atividades ligadas ao universo eletrônico, esporadicamente acontecem oficinas. O laboratório atende em média 25 pessoas por dia. Algumas aulas são ministradas no Fab Lab, porém, é necessário que se protocole um plano de aula (Anexo I).

No Lab Aberto SENAI o funcionamento é de segunda a sexta-feira de 8h às 17h. O laboratório é mantido por mensalistas que utilizam o espaço como um *coworking*. Computadores pessoais dos mensalistas ficam no laboratório, como também máquinas que os *makers* criaram dentro do Fab Lab. As pessoas interagem e colaboram efetivamente, inclusive nos momentos de relaxamento, conforme Figura 20.



Figura 20 - Happy hour no Lab Aberto SENAI

Fonte: Acervo do autor, 2018

O Lab Aberto SENAI presta serviços à comunidade privada com a realização de workshops, cursos e oficinas. Mesmo sendo um local aberto, considerado democrático, o público frequentador é em sua grande parte formado por micros empresários e *freelance*. Foi observado, uso intenso do notebook no *coworking* e nas estações destinadas a trabalhos eletrônicos, o *smartphone* era utilizado para ligações, comunicações instantâneas e pesquisas (Figura 21). Observou-se que as máquinas mais usadas nos laboratórios são a impressora 3D e a CNC.

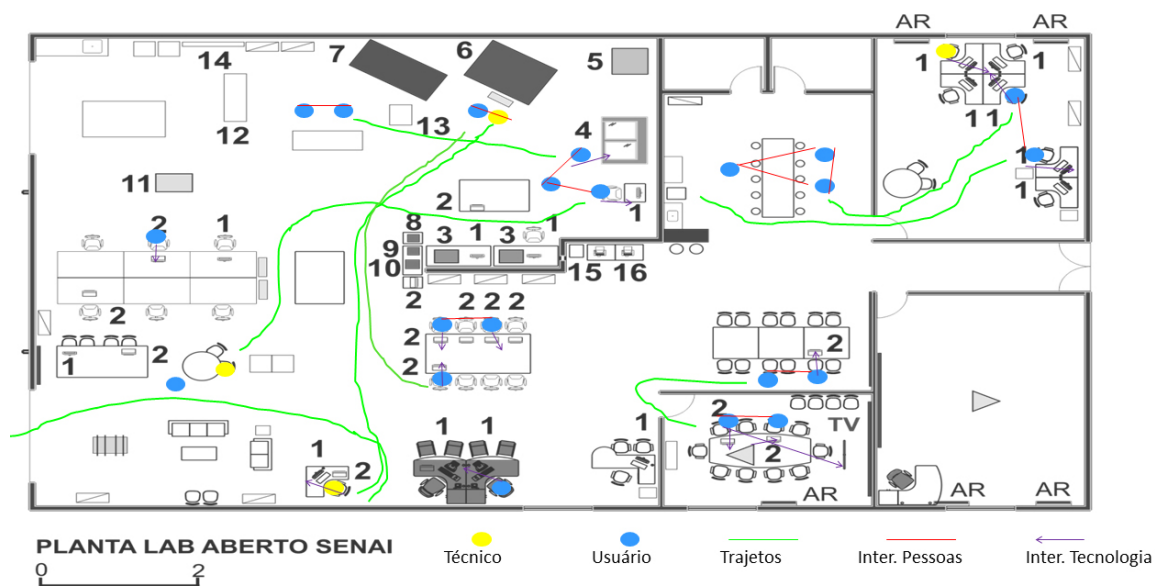


Figura 21 - Mapa comportamental Lab Aberto SENAI

Fonte: Elaborado pelo autor

O mapeamento comportamental possibilitou identificar as ações e interações dos usuários com as máquinas, ferramentas e com o espaço físico. Também foi possível analisar os fluxos e interações. A Tabela 1, representa as novas tecnologias digitais utilizadas pelos *makers* nos Fab Labs Newton e Aberto.

Tabela 1 - Tecnologias Digitais utilizadas por *makers*

Novas Tecnologias Digitais	<i>Makers</i> (Usuários Comuns e Alunos)	
	Fab Lab Newton	Lab Aberto SENAI
Projetor	0	0
Internet Wireless	11	11
Notebooks	11	11
Desktops	5	4
Smartphones	11	11
Webcam	0	2
Impressora	0	6
Telefones	0	4

Fonte: Elaborado pelo autor

Os alunos da Newton usaram notebooks e smartphones constantemente. No Lab aberto as tecnologias digitais mais usadas também foram o notebook e o *smartphone*. O uso do notebook nos laboratórios de fabricação digital é muito comum, principalmente para modelagem de um projeto. Equipamentos como

impressora e telefones, são mais utilizadas pelo corpo técnico dos Fab Labs conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Novas Tecnologias Digitais utilizadas por técnicos

Novas Tecnologias Digitais	Técnicos e Funcionários	
	Fab Lab Newton	Lab Aberto SENAI
Projeter	0	0
Internet Wireless	11	11
Notebooks	4	8
Desktops	11	11
Smartphones	11	11
Webcam	0	0
Impressora	7	11
Telefones	6	11

Fonte: Elaborado pelo autor

As máquinas mais utilizadas nos Fab Labs são a impressora 3D e a cortadora a *laser* CNC, conforme Tabela 3. As fresadoras são pouco utilizadas, assim como a impressora de vinil. O uso da SmartTV com a finalidade de interação virtual, aconteceu apenas no Lab Aberto SENAI, no Fab Lab Newton é utilizado para projeção de aulas.

Tabela 3 - Alta Tecnologia utilizada por *makers*

Alta Tecnologia	Makers (Usuários Comuns e Alunos)	
	Fab Lab Newton	Lab Aberto SENAI
Impressoras 3D	11	10
CNC LC1390	11	11
Fresadora	6	7
SmartTV	3	1
D54 Laser e Router	1	0
Impressora de vinil	0	1
Termo formagem	0	1

Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 4, representa a alta tecnologia utilizada pelos técnicos dos Fab Labs Newton e Aberto. Comparando a utilização de ambos, percebe-se que os técnicos do Lab Aberto SENAI utilizam menos. A pouca utilização se dá devido à liberdade dada aos *makers* mensalistas, isso não ocorre no Lab acadêmico, pois os técnicos precisam monitorar e orientar toda ação dos alunos no processo de prototipagem.

Tabela 4 - Alta Tecnologia utilizada por técnicos

Alta Tecnologia	Técnicos e Estagiários	
	Fab Lab Newton	Lab Aberto SENAI
Impressoras 3D	11	7
CNC LC1390	11	8
Fresadora CNC	6	2
SmartTV	3	0
D54 Laser e Router	1	0
Impressora de vinil	0	0
Termo formagem	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor

Nas observações foi possível perceber que há pouco uso de tecnologias tradicionais e constante uso de dispositivos eletrônicos e comandos digitais por computador. A Figura 22 apresenta as interações dos usuários entre si e com a tecnologia. Foi observado que os técnicos não auxiliam os usuários, pois eles já conhecem e possuem experiência com as máquinas.

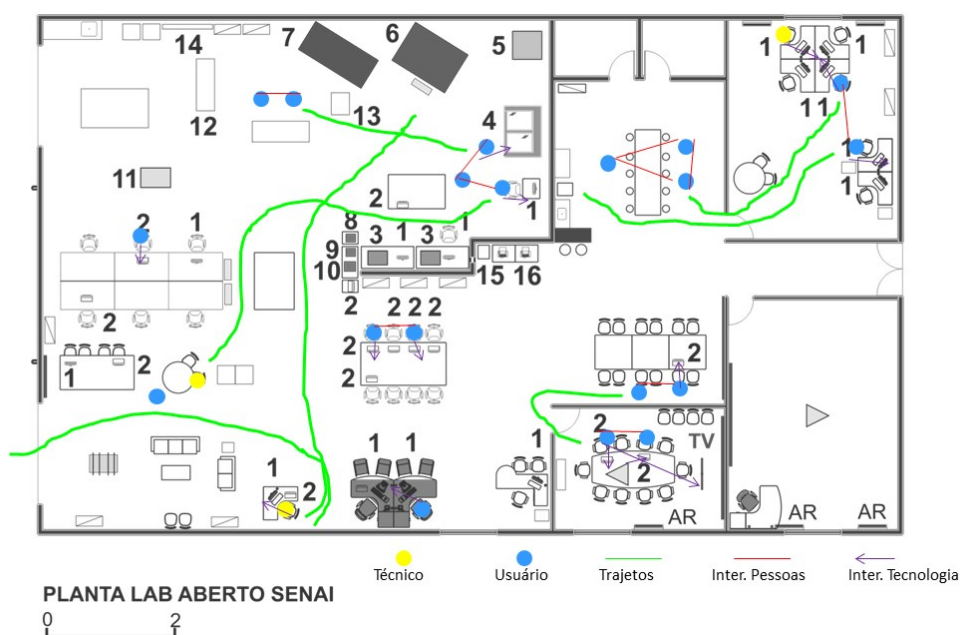


Figura 22 - Mapa comportamental 2 - Lab Aberto SENAI

Fonte: Elaborado pelo autor

As ferramentas manuais e controladas eletronicamente são subutilizadas, pois as máquinas fazem moldes e cortes perfeitos, minimizando o uso das ferramentas. Alguns *makers* do Lab Aberto SENAI que trabalham com eletrônicos utilizam ferramentas como chaves de fenda, alicates e ferro de solda. A Tabela 5 demonstrou que as ferramentas em comparação com as máquinas de alta

tecnologia estão sendo menos utilizadas, porém é possível perceber que não está sendo descartada.

Tabela 5 - Ferramentas utilizadas

<b>Ferramentas</b>	<b>Fab Lab Newton</b>	<b>Lab Aberto SENAI</b>
Furadeira de bancada	2	1
Esmeriladeira	0	0
Compressor	0	0
Serra Tico-tico	0	0
Alicates	1	6
Chaves de fenda	2	6
Chaves de boca	0	0
Pincéis	0	1
Ferro de solda	0	6
Torno	0	0
Serra Tico-tico	0	2
Furadeira de precisão	0	0
Bancada Multifuncional	0	0
Lixadeira	0	0
Furadeira	3	5
Serrote	0	0
Arco de Serra	0	0
Formão	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor

O contato com alta tecnologia dentro dos Fab Labs permite as pessoas que participam deste universo mais segurança na produção de seus projetos. Esta constatação pode justificar o pouco uso de ferramentas manuais nos Fab Labs.

Todas as atividades realizadas nos Fab Labs visitados proporcionam o envolvimento de seus usuários em tarefas que exigem habilidades técnicas, cognitivas e colaborativa, nas quais os usuários aplicam seus conhecimentos para desenvolverem seus projetos.

Foi observado 43 interações entre pares no Fab Lab Newton e 66 no Lab Aberto SENAI conforme Tabela 6. Os pares são *makers*, dentre eles estão alunos, visitantes *openday* e mensalistas. Os técnicos do Fab Lab Neton interagem mais devido a proximidade espacial entre eles. Com a Rede Fab Lab só houve um contato entre Fab Labs, inclusive entre Newton e Aberto SENAI que participam de reuniões regionais de eventos ligados a Cultura *Maker*.

Tabela 6 - Interações

<b>Interações</b>	<b>Fab Lab Newton</b>	<b>Lab Aberto SENAI</b>
Pares	43	66
Técnicos	20	16
Rede Fab Lab	0	1

Fonte: Elaborado pelo autor

Todos os projetos desenvolvidos durante as observações eram feitos de forma reservada, com poucas interferências de terceiros. No Fab Lab Newton a ajuda do técnico era inevitável devido às normas para uso, já no Lab Aberto SENAI a interação, troca de ideias sobre os projetos era maior em razão do entrosamento diário dos mensalistas.

#### **4.5 ANÁLISE DAS ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS**

As entrevistas semiestruturadas foram analisadas com base nos seguintes agentes: Fab Manager; Técnicos e Usuários (*makers*).

O roteiro de perguntas foi elaborado com base nos objetivos e em referências da literatura. Considerando a natureza da pesquisa, optou-se por seguir um roteiro semiestruturado, de modo a permitir a manifestação dos entrevistados de forma aberta. A seguir, o Quadro 6 apresenta a estrutura básica das entrevistas:

Quadro 6 - Estrutura básica das entrevistas

<b>Grupos</b>	<b>Tópicos</b>
<b>Direção do Fab Lab</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação de um Fab Lab;</li> <li>• Rentabilidade;</li> <li>• Voluntariado;</li> <li>• Corpo técnico.</li> </ul>
<b>Usuários</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O Fab Lab e a Rede;</li> <li>• Compartilhamento dos projetos;</li> <li>• Colaboratividade;</li> <li>• Processo de ensino-aprendizagem;</li> <li>• Motivação;</li> <li>• <i>Open day</i>.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor

#### **Entrevistas com os Fab Managers e coordenadores do Fab Lab**

As entrevistas com os coordenadores dos Fab Labs e técnicos foram realizadas dentro dos próprios laboratórios, buscando uma condução pela realidade dos

entrevistados. Informações de grande relevância foram obtidas durante a visita aos laboratórios e durante as entrevistas foi possível debater de forma mais informal as questões da pesquisa deixando os entrevistados bem à vontade para exporem suas opiniões. O Quadro 7 apresenta os nomes e função dos entrevistados.

Quadro 7 - Perfil dos entrevistados

Nome	Profissão	Função
Entrevistado A	Designer Gráfica	Fab Manager do Fab Lab Newton - Faz praticamente tudo, cuida da parte acadêmico, cuida de comunidades como por exemplo uma comunidade de arduino e grupos de astronomia. Orienta projetos e processos. Gestão do laboratório, atendimento aos alunos e manutenção de máquinas.
Entrevistado B	Engenheiro Químico	Mentor em modelagem 2d, usinagem e plotter no Fab Lab Newton - Responsável pela manutenção das máquinas.
Entrevistado C	Relações Internacionais	Gerente de relações no Lab Aberto SENAI - Responsável pela relação de comunidade e analista de projetos.
Entrevistado D	Estudante de Engenharia Mecânica e Técnico em Automação Industrial	Estagiário do Fab Lab. Auxilia os mentores e Fab Manager em tarefas correntes, acolhe o público, participa do laboratório segundo suas competências.
Entrevistado E	Estudante de Arquitetura e Urbanismo	<i>Maker</i> , usuário frequente do Fab Lab.
Entrevistado D	Estudante de Arquitetura e Urbanismo	<i>Maker</i> , usuário frequente do Fab Lab.

Fonte: Elaborado pelo autor

### Por que usar um Fab Lab?

Segundo entrevistado A, Fab Manager do Fab Lab Newton,

[...] “usar o Fab Lab requer um mudança de mentalidade total, principalmente em relação ao consumo, a pessoa passa a querer produzir suas próprias coisas. Há uma mudança de comportamento devido ao empoderamento” [...].

Entrevistado C, Gerente de Relações do Lab Aberto SENAI, foi direto e sucinto em sua resposta: “Para fazer o que quiser”.

## **Qual é o processo para se iniciar a criação de uma ideia dentro da Rede Fab Lab?**

Entrevistado A acredita que:

“Primeiramente a pessoa precisa perder o medo. Culturalmente somos tolhidos, limitados... romper com a cultura”.

Segundo Entrevistado C,

- A primeira coisa é o empoderamento, as pessoas entenderem que são capazes de produzir coisas em função das necessidades e desejos pessoais [...]

Ainda dentro do tópico sobre implantação do Fab Lab, a pergunta sobre a solicitação de credenciamento à Rede Fab Lab mediante aquisição do Kit básico, a resposta foi sim, Entrevistado C ressaltou que:

[...] não é só ter o kit, há uma necessidade de se atender à comunidade. Tem que ter um dia para *openday*, o tamanho do Lab irá determinar sua capacidade de atendimento.

## **Quem mantém um Fab Lab?**

O Fab Lab Newton é mantido pelo Centro Universitário Newton Paiva. Segundo Entrevistado A,

“Os Fab Labs comerciais não são sustentáveis, isso dentro do cenário Nacional. Dentro das universidades ele é viável, pois os alunos trazem os insumos e as despesas para o funcionamento fica a cargo da Universidade”.

Entrevistado C afirmou que o Lab Aberto SENAI é mantido pelo SENAI e o Sistema FIEMG.

## **O Fab Lab é rentável?**

Para Fab Manager Entrevistado A,

[...] “Ainda não! O Fab Lab Newton está caminhando para se cobrar as horas de uso. O custo operacional é muito alto!” [...]

Conforme Entrevistado C, Diretor Técnico do Lab Aberto,

[...] “Sim, além do SENAI manter o funcionamento, existem os mensalistas e demandas que aparecem” [...].

As respostas dos diretores são relacionadas ao contexto de cada um. No caso das Universidades, a instalação de um espaço *maker* é marketing, usado como chamariz de novos alunos. Na prática não atende ao que se espera de um laboratório com tantas possibilidades, pois o corpo discente não se vê usando “aquele” espaço. As aspas na expressão aquele, se dá pela forma como alguns alunos se referem ao Fab Lab Newton, que no campus fica à frente do refeitório.

### **Número mínimo de pessoas?**

Segundo Entrevistado A,

“No mínimo de 4 pessoas, sendo o cargo de gestor e os mentores de cada área: Fab Manager, mentor de 2d, Mentor 3d e Mentor de Eletrônica”.

Para Entrevistado C, não há um número mínimo. É necessário que tenha o suficiente para atender à demanda do laboratório.

### **Como você vê a questão do ensino-aprendizagem dentro do Fab Lab?**

Conforme a Fab Manager Entrevistado A, na equipe técnica todos precisam passar por treinamentos. No caso dos usuários externos, eles são convidados a passar pelos mesmos treinamentos e desenvolverem um projeto prático. Esse projeto pode ser qualquer coisa e deve ser pensado e elaborado exclusivamente pela pessoa.

### **Para você o Fab Lab pode ser conformado como uma tipologia de sala de aula?**

Para a Fab Manager Entrevistado A, sim.

“Embora muitos considerem um laboratório como sala de aula, um Fab Lab está em um nível diferente, porque ele produz conhecimento. Existem aulas específicas, cursos. O próprio laboratório tem um jeito de ensinar e aprender. Dentro acontece aprendizagem por pares. O professor sai de foco e dar suporte técnico ao aluno”.

Entrevistado C, gerente técnico do Lab Aberto SENAI, afirma que sim, mas vai além:

[...] “mas uma sala diferente, no sentido de que um espaço como este não tem muro nem hierarquia do conhecimento é tudo construído de forma orgânica. O

professor precisaria se adequar ao espaço, trabalhar de forma colaborativa, transversal e aberta”.

### **Entrevistas com alunos e *makers***

As perguntas iniciais da entrevista com os usuários do Fab Lab, foram no conhecimento e motivação para usar um laboratório de fabricação digital conectado com o mundo.

Entrevistado E, estudante de Arquitetura e Urbanismo, explica que os Fab Labs são:

[...] “laboratórios que estão espalhados no mundo inteiro e que possuem máquinas de corte a laser, impressora 3d”.

Para Entrevistado D, o Fab Lab é:

[...] “um lugar onde as pessoas compartilham suas ideias com todos Fab Labs”.

Todos os *makers* e alunos que foram entrevistados acreditam no Fab Lab e em sua potencialidade. Percebe-se que o ambiente é empolgante e motivador.

Entrevistado D, estudante de Engenharia Mecânica, explica sua motivação em usar o FAb Lab:

[...] “porque tem disponível máquinas que antes não tinha acesso, este é um espaço onde as coisas já estão prontos, sendo assim, as pessoas podem chegar em um Fab Lab e criar seus projetos”[...].

Em relação à produção dos Fab Labs os entrevistados afirmam que é possível produzir até 50 projetos por dia, mas em média a capacidade de produção está entre 20 a 25 projetos. Durante as 13h de funcionamento, um Fab Lab produz em média 10 projetos em corte a *laser*, 5 projetos em impressora 3D, 2 projetos que usam fresa, *router* ou plotter de recorte.

### **Como você vê a questão do compartilhamento dos projetos e a interferência de terceiros no processo criativo e projetual?**

Para Entrevistado D,

[...] “é importante a troca de ideias, pois quem vê de fora do projeto, enxerga coisas que a pessoa que está produzindo não consegue perceber. Julga ser

necessária e fundamental a participação do usuário do produto em desenvolvimento”.

Sobre o processo de aprender dentro do laboratório, os participantes foram unânimes, mas ressaltaram a necessidade do outro para tal.

“Dentro do Fab Lab sem que haja alguém para dar uma orientação básica não é possível aprender dentro da plataforma. A troca de informação é fundamental” (Entrevistado B).

O Quadro 8 apresenta os pontos positivos e negativos que foram elencados pelos usuários e corpo técnico dos Fab Labs estudados em relação ao *Open Day*.

Quadro 8 - Pontos positivos e negativos do Open Day

Pontos Positivos	Pontos Negativos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Network</i>, aprendizagem por pares, inteligência coletiva;</li> <li>• Permitir acesso de pessoas comuns às grandes máquinas de fabricação digital, permitir que as pessoas lancem produtos que elas não conseguiriam fazer sem a estrutura oferecida em um Fab Lab;</li> <li>• Captação de alunos, por se tratar de uma Instituição de Ensino particular, o Fab Lab Newton é um diferencial que auxilia no <i>marketing</i> institucional;</li> <li>• Divulgação e oportunidade para pessoas terem acesso às máquinas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pessoas que vão ao espaço com intuito de uso para benefício próprio, pensando apenas em lucrar, usando as máquinas de graça;</li> <li>• Pessoas que ficam o dia todo usando o laboratório para fazer artesanato para economizar, desgaste das máquinas e tempo perdido da equipe;</li> <li>• Menos tempo para os alunos usarem.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota-se que, para os alunos existem mais pontos positivos que negativos em relação ao uso dos laboratórios pela comunidade aberta. A grande crítica feita ao *open day* partiu dos alunos que frequentam o Fab Lab Newton, pois o tempo para produção dos trabalhos fica comprometido, deixando de atendê-los para produção de objetos particulares de usuários que participam no dia aberto.

**Para você o Fab Lab pode ser conformado como um tipologia de sala de aula?**

“No contexto de Faculdade sim, pois permite aliar o teórico e o prático. Para se ter um bom proveito no processo de ensino-aprendizagem, o professor precisaria

adequar a forma de ensinar, se tornando um tutor e o aluno mudar sua forma de aprender, sair do mundo teórico e estar disposto a por a mão na massa e fazer”.(Entrevistado D).

Para Entrevistado B sim,

[...] “porém, deve ser construído com a finalidade de sala de aula. Uma proposta desta seria muito eficiente para unir teoria e prática. Alguns cursos da Faculdade Newton Paiva, já possuem disciplinas de Fab Lab onde as aulas são dentro do laboratório”.

Segundo os entrevistados, atualmente, as pessoas estão mais dispostas a construir e consertar coisas. O empoderamento proporcionado pelo acesso às máquinas e ao poder fazer provocou uma mudança de paradigma.

A Fab Manager do Fab Lab Newton sinalizou que o possível uso do Fab Lab como sala de aula, deixará as despesas completamente à cargo da mantenedora, pois no cenário atual do Fab Academy, o uso ainda é uma decisão do aluno ou proposta de aula do professor. Entrevistado A também destacou que está crescendo muito o uso por vários cursos. Além da Arquitetura e as Engenharias, os cursos de Odontologia, Fisioterapia e Mecânica estão utilizando cada vez mais o laboratório de fabricação digital.

#### **4.6 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS**

O questionário permitiu obter um panorama da visão dos usuários e alunos que frequentam os Fab Labs. Foi possível verificar a percepção destes usuários quanto ao uso das tecnologias no processo de aprender e fazer. Também sobre seu conhecimento e consciência das regras colocadas pela Rede.

Questões sobre o layout, mobiliário, número de máquinas ofertadas e espaço físico foram colocadas para analisar possíveis diretrizes quanto à demanda do Fab Lab como sala de aula. Esses aspectos encontram-se nas questões 12 a 18 do questionário (Anexo 2).

As respostas permitiram identificar como deveria ser o ambiente construído do Fab Lab conformado como sala de aula, uso das tecnologias disponíveis e o processo de ensino-aprendizagem. Foram aplicados questionários para o Corpo

Técnico do Fab Lab e *makers*. A amostragem da distribuição dos questionários é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 - Amostragem dos questionários

Questionários Distribuídos			Questionários Respondidos	
Participantes	Fab Lab Newton	Lab Aberto SENAI	Fab Lab Newton	Lab Aberto SENAI
Técnicos e Estagiários	3	3	2	1
<i>Makers</i>	22	20	16	6
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>23</b>	<b>18</b>	<b>7</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Dos questionários distribuídos nos dois Fab Labs, apenas 52% foram respondidos. Houve uma participação maior dos alunos do Fab Lab Newton, onde a porcentagem de alunos que responderam aos questionários foi de 72%. No Lab Aberto SENAI, apenas 30,43% dos usuários responderam ao questionário.

Algumas questões apresentaram resultados inconsistentes ao foco da pesquisa, por isso não serão discutidas. A seguir, são apresentados os gráficos das respostas às principais perguntas do questionário.

**Questão 3. Você acredita que as pessoas realmente aprendem a fazer coisas no Fab Lab?** Alternativas: Sim ou Não, Por quê?

A resposta da questão 3 foi unânime nos dois laboratórios, todos que participaram da pesquisa acreditam que no Fab Lab e acreditam que as pessoas interessadas aprendem e se interessam por ensinar a terceiros.

**Questão 4. A interferência de terceiros durante os processos do projeto:**

Alternativas: É importante, desnecessária, muito desnecessária e indiferente

Todos os participantes acreditam que é importante a interferência de terceiros durante os processos do projeto, a justificativa para esta resposta é o fato de todos precisarem passar por treinamentos e oficinas antes de iniciarem o desenvolvimento de um projeto.

As questões 5 e 6 são relativas à forma e dimensão dos Fab Labs visitados. Na percepção sobre a arquitetura dos laboratórios, os participantes acreditam que a forma geométrica facilita a realização das atividades e os consideram espaçosos, porém 20% acreditam que a forma dificulta. A questão 5 ficou ambígua para estes

que acham que dificulta, pois a justificativa é relativa a compartimentação dos espaços.

### Questão 7. Você considera o modelo do mobiliário:

Alternativas: Muito adequado, Adequado, Inadequado e Muito inadequado, Por quê?

Em relação ao modelo do mobiliário, os usuários que responderam ao questionário consideram que estão adequados conforme a Figura 23.

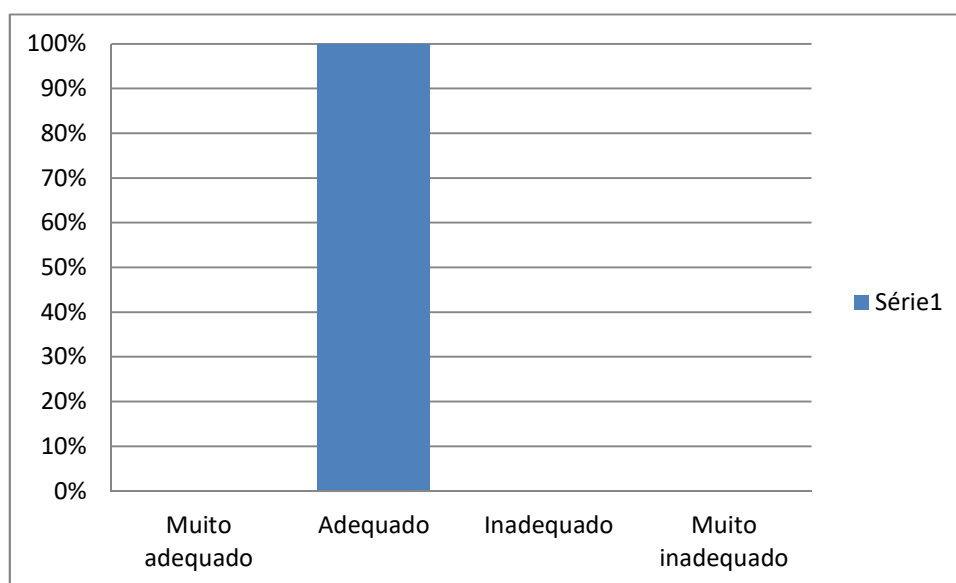


Figura 23 - Representativo sobre o mobiliário do Fab Lab  
Fonte: Elaborado pelo autor

Embora 100% dos usuários consideram o mobiliário adequado, 50% estão insatisfeitos com os móveis e equipamentos disponíveis no Fab Lab.

### Questão 8. As máquinas disponíveis são suficientes para as atividades?

Alternativas: Sim ou Não, Por quê?

Para 16,6% dos alunos da Newton, as máquinas não são suficientes, pois algumas máquinas ficam ocupadas durante horas, isso dificulta a conclusão de algumas atividades e trabalhos. O sistema adotado para otimizar o funcionamento do laboratório é a ordem de chegada, que é orientada pelos técnicos e estagiários. Para os usuários do Lab Aberto SENAI, as máquinas são suficientes e atendem perfeitamente a demanda local.

Para 88% dos participantes na pesquisa, o arranjo espacial dos equipamentos dentro do layout arquitetônico facilita no desenvolvimento das atividades do

laboratório. Em relação à interação entre pessoas dentro do laboratório, 96% dos participantes afirmam que o layout ajuda interagir.

**Questão 12. Este layout ajuda na interação com as máquinas?**

Alternativas: Sim ou Não

Para todos os participantes, o layout do Fab Lab ajuda na interação com as máquinas, pois a disposição delas está próxima aos espaços destinados à produção eletrônica do protótipo em desenvolvimento. Os usuários do Lab Aberto SENAI acreditam que o layout ajuda na interação das pessoas e das pessoas com as máquinas. A resposta destes *makers se dá* devido aos compartimentos destinados à interação de pessoas, como por exemplo, *coworking*, sala de web conferência, área externa com bancos e mobiliário criado no Fab Lab para conversação, além do amplo espaço interno e próximo às máquinas.

**Questão 15. Você usa alguma Tecnologia Digital para desenvolver seus projetos?** Alternativas: Sim ou Não, Quais?

Dos participantes, 88% utilizam tecnologias digitais para produzirem seus projetos. As tecnologias descritas são: Notebook, Desktop e Tablets, 12% dos *makers* não utilizam tecnologias digitais.

O resultado dos usuários da pergunta 16, em relação a recorrer à Rede Fab Lab alguma vez para desenvolver algum projeto, foi apresentado na Figura 24.

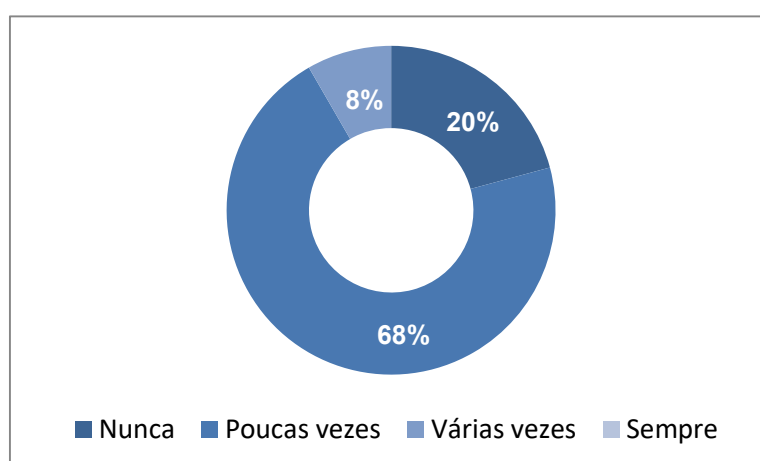


Figura 24 - Representativo sobre o uso da Rede Fab Lab para desenvolver projetos  
Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados percentuais das respostas apresentam que 8% recorreram várias vezes à Rede, 20% nunca recorreram e 68% recorreram poucas vezes. Nota-se que os usuários recorrem pouco à Rede Fab Lab. Esta questão poderia ser melhor aproveitada se fosse apresentado os motivos do baixo uso dessa plataforma ofertada nos Fab Labs.

**Questão 17. Em sua opinião, o Fab Lab pode ser conformado como uma Sala de Aula?** Alternativas: Sim ou Não, Por quê?

Para 25% dos participantes o Fab Lab não pode ser conformado como sala de aula. A justificativa da resposta negativa é o tempo que leva para algumas máquinas entregarem o produto e a abertura para comunidade através do *Open day*. Os 75% que responderam sim, ponderaram que para tal funcionamento o Fab Lab precisaria ter espaços maiores, mais máquinas ou turmas menores.

**Questão 18. Se o Fab Lab fosse conformado como Sala de Aula, a forma geométrica (quadrada, retangular, circular...) dele facilitaria ou dificultaria a realização das atividades?** Alternativas: Facilita ou Dificulta, Por quê?

Metade dos participantes respondeu que a forma arquitetônica facilitaria a realização das atividades, os outros acreditam que dificultaria. A questão não ajuda descrever um modelo ideal de Fab Lab, pois cada participante levou em conta sua percepção e a forma do Fab Lab que frequenta como parâmetro.

**Questão 20. Se ele fosse uma Sala de Aula, ele poderia receber aulas de quaisquer cursos?** Alternativas: Sim ou Não, Por quê?

Para 80% dos participantes, não é possível aula de quaisquer cursos no Fab Lab, a justificativa está relacionada à áreas de conhecimento que não são compatíveis à laboratórios de Fabricação Digital.

Na percepção dos *makers*, professores e alunos, as tecnologias digitais facilitam nos processos de produção de objetos, as pessoas que frequentam Fab Labs aprendem a fazer. O ambiente construído do Fab Lab é compatível às práticas em Fabricação Digital e para ser usado como sala de aula necessita de adequações.

## CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as reflexões e conclusões do trabalho, a revisão dos objetivos e das perguntas que nortearam a pesquisa. Serão apresentadas as limitações, contribuições e recomendações para trabalhos futuros.

### 5.1 Considerações

O estudo possibilitou compreender a estrutura básica de um Fab Lab, o seu funcionamento, os processos para credenciamento à Rede de Fab Labs e como ele é usado para ensinar e aprender. Durante os estudos de caso nos Fab Labs, Newton e Aberto SENAI, buscou-se compreender os processos de ensino-aprendizagem e compartilhamento de saberes.

Com o resultado da pesquisa, percebe-se que as discussões sobre o uso de novas tecnologias no processo de ensino-aprendizagem, as abordagens colaborativas e as práticas educacionais baseadas no Movimento *Maker* são fundamentais para a realidade do século XXI, pois permite um enfoque mais interdisciplinar, criativo, empreendedor e inovador, considerando o contexto social e tecnológico, tornando-se necessário reavaliar os processos educacionais e propor novas tipologias de ambientes de aprendizagem.

A análise documental, seguido de observação *in loco*, permitiu compreender a configuração espacial dos Fab Labs e equipamentos tecnológicos básicos que compõem a estrutura de um laboratório de fabricação digital, bem como seu funcionamento e potencialidades.

Dentro do Fab Lab acadêmico, observou-se dificuldades dos alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo em compartilhar seus projetos e trabalhos com os demais, pois para desenvolver uma maquete cortada em CNC ou impressa em uma impressora 3D, houve um tempo gasto para desenhar e modelar o objeto. Esta discordância não é um obstáculo para eles utilizarem o laboratório, porém, contrasta com o propósito inicial descrito na Fab Charter em que os projetos e processos desenvolvidos dentro do Fab Lab permaneçam disponíveis para uso e aprendizagem de outros.

O espaço físico e a arquitetura dos laboratórios são simples e compatíveis ao modelo e demanda de usuários. A forma fabril demanda mobilidade e organização no layout arquitetônico, pois a dinâmica e hierarquia dos usos delinham as ações sistemáticas dos usuários diante de protótipos que são desenvolvidos em duas ou mais máquinas. Os Fab Labs são espaços ricos em interações, colaboratividade e inovação. Isso reafirma resultados encontrados por Tibúrcio (2007) nas salas de aula de alta tecnologia na Inglaterra.

As pessoas que participam da Rede Fab Lab são receptivas e abertas ao compartilhamento. O grande desafio dos Fab Labs no Brasil é o desconhecimento de sua existência. No âmbito acadêmico, o laboratório é bem difundido nos cursos de Engenharias e Arquitetura e Urbanismo, estudantes de alguns cursos de outras áreas do conhecimento não frequentam Fab Lab por acharem que se trata apenas de eletrônica e robótica.

Alguns cursos da Área de Saúde estão aderindo aos laboratórios de Fabricação Digital para criação de próteses, equipamentos de Fisioterapia, soluções ligadas à Medicina, como coração artificial de silicone. Diante das limitações da pesquisa, não foi possível identificar em quais cursos ou áreas do conhecimento o Fab Lab atenderia como uma nova tipologia de sala de aula, principalmente, pelo desconhecimento por parte de muitos docentes universitários sobre a existência do mesmo e do que é possível fazer dentro de um.

O *Open Day* é um grande benefício para disseminação da Cultura *Maker* e para acesso a máquinas e tecnologias à comunidade em geral, porém, não deveria ser em dias úteis como o fazem usualmente. Atividades itinerantes como as promovidas pelo Lab Truck do Lab Aberto SENAI podem ser alternativas eficientes para atender ao requisito do dia aberto à comunidade sem comprometer as atividades e aulas dos alunos.

Para desenvolvimento deste trabalho foram vencidos muitos desafios além de grande esforço para obtenção dos dados apresentados. Distâncias entre os objetos de estudos, horas dentro dos laboratórios para coletar dados e vivenciar o cotidiano de um Fab Lab. Embora o estudo permita conclusões, ainda há algumas das inquietações iniciais, aliadas a novos questionamentos que poderão ser aprofundados em trabalhos futuros.

## 5.2 Resposta à pergunta da pesquisa

A questão que norteou a pesquisa buscou identificar se o Fab Lab poderia ser conformado como uma sala de aula nas universidades. A verificação da pesquisa teórica apresenta que a inserção de tecnologias e aplicação da Cultura *Maker* na Educação tem apontado para a necessidade de novos espaços para o ensino-aprendizagem ativo. Há muitas discussões e experimentações nos diversos níveis da Educação Nacional. Em relação ao uso do Fab Lab, especificamente, como espaço para ensino-aprendizagem, não há na legislação ou documentos que o credenciam, porém, existe incentivo ao uso de tecnologias digitais na educação e inclusão digital de pessoas em comunidades carentes.

Observou-se que os Fab Labs possuem uma organização e hierarquia que emana das convecções e treinamentos da Lab *Foudation*. Parte dos usuários do Lab Aberto SENAI não conhecem na íntegra como surgiu o Fab Lab e qual a sua motivação inicial, parte acreditam que possa ser usado como sala de aula, não só em universidades, mas disseminado nas comunidades. Os alunos que usam o Fab Lab Newton, acreditam que o Fab Lab funcionaria como nova tipologia de sala de aula, porém, para este fim, demandaria um espaço físico maior e com mais máquinas. Os professores e alunos que participaram das entrevistas e responderam aos questionários, acreditam que para usar o Fab Lab como sala de aula são necessários métodos didáticos ativos e dinâmicos, pois o ambiente não é compatível com uma abordagem convencional e conservadora.

Diante das análises e estudos, é possível afirmar que o Fab Lab pode ser conformado como uma sala de aula nas universidades e em outros níveis da Educação, desde que atenda as seguintes recomendações:

- a) Compatibilizar o número de máquinas, ferramentas e corpo técnico ao número de alunos que o espaço comportar. Isso proporcionará dinamismo às aulas.
- b) Deverá ser promovido e organizado pelo Fab Lab , treinamentos e capacitações para os professores e para os alunos.
- c) O professor deve preparar um plano de aula com abordagem metodológica ativa.

- d) Trabalhos práticos em máquinas que demoram devem ser agendadas e monitoradas pelos técnicos e estagiários.

As recomendações descritas acima são baseados nas dimensões e funcionamento do Fab Lab Acadêmico Newton e na dinâmica observada nos Fab Labs Newton e Aberto SENAI.

### 5.3 Revisão dos objetivos

O objetivo geral da pesquisa foi alcançado, pois, com os procedimentos metodológicos da pesquisa, foi possível investigar e concluir que um Fab Lab pode ser conformado como uma nova tipologia de sala de aula nas universidades. Além das questões operacionais serão necessários treinamentos para funcionários, professores e alunos.

Os objetivos específicos também foram alcançados por meio da coleta de dados. O **primeiro objetivo** específico propunha estudar conceitos e modelos de Fab Labs, o **segundo objetivo**, analisar configurações espaciais para Fab Labs. Durante a fundamentação teórica da pesquisa foi possível aprofundar no conhecimento sobre as tipologias existentes de espaços *makers* e suas configurações espaciais, na fase de visitas aos objetos de estudo, a compreensão foi completa sobre o funcionamento e montagem de um Fab Lab pertence a Rede.

O **terceiro objetivo** específico propunha identificar os equipamentos tecnológicos necessários para a montagem de um Fab Lab. Por meio da análise documental, mapeamento tecnológico e as entrevistas semiestruturadas, foi possível fazer a identificação e orientar sobre a demanda de funcionamento das máquinas em caso de aula por projetos. O mapeamento tecnológico dos Fab Labs possibilitou investigar a configuração arquitetônica e a contabilização das máquinas existentes nos mesmos. Foram identificadas as diversas tecnologias digitais e ferramentas disponibilizadas, além das tecnologias convencionais a espaços destinados ao ensino-aprendizagem.

O **quarto objetivo** foi analisar a legislação referente à Educação Nacional no que tange às formas alternativas de ensino com olhar na abordagem do uso de tecnologias nos processos de ensino-aprendizagem. Conforme análise

documental, as abordagens se apresentaram bem particulares e em todo o processo dos estudos de casos foi constatada a importância do acesso às tecnologias no processo de ensino-aprendizagem.

O **quinto objetivo** específico da pesquisa foi cumprido pelas observações *in loco*, com o uso de mapas comportamentais que permitiram mapear o comportamento de usuários referente a processos de aprendizagem em espaços *makers*.

A verificação da percepção dos usuários de Fab Lab quanto ao uso das tecnologias digitais no processo de aprender e fazer, foi obtido por meio de entrevistas semiestruturadas com usuários *makers*, alunos, Fab Managers, técnicos e estagiários. Este último objetivo específico, mostrou que o Fab Lab pode sim ser conformado como uma nova tipologia de sala de aula, desde que haja máquinas suficientes para a boa produção dos protótipos e aulas de disciplinas aderentes a cultura *maker*.

#### **5.4 Limitações da pesquisa**

Algumas limitações da pesquisa estão relacionadas com a dificuldade em fazer as visitas técnicas para estudo de caso *in loco*. Houve dificuldades para consentimento e autorização da pesquisa por parte da direção dos Fab Labs. Inicialmente, a amostra contava com 5 Fab Labs, porém, após contatos e tentativas apenas 3 Fab Labs responderam e autorizaram. Dos três que aceitaram, um apresentou restrições que limitaram a coleta dos dados nas datas planejadas, implicando em um atraso do cronograma estabelecido para pesquisa. Contudo, foi possível trabalhar em apenas dois Fab Labs. Isso, porém, não desmereceu ou diminuiu a importância e a qualidade dos resultados obtidos. Maior número poderia ampliar a amostra e permitir melhor entendimento do fenômeno estudado.

Houve dificuldade quanto ao número de usuários participantes que responderam ao questionário, embora esta dificuldade não tenha comprometido a investigação. A participação foi pequena em relação ao público presente nos dias de visita *in loco*. A amostra foi menor no Lab Aberto SENAI, devido aos usuários pagarem mensalidade para usar o espaço e estarem usando o *coworking* do laboratório em atendimento aos seus clientes. Essa dificuldade foi compensada pelas entrevistas

semiestruturadas, que foi uma metodologia eficaz na verificação da percepção dos usuários quanto ao questionamento cerne da pesquisa, isso porque não foi necessário interromper as atividades para responder ao questionário.

### **5.5 Sugestão de estudos futuros**

Este estudo proporcionou novas possibilidades para trabalhos futuros. No que diz respeito aos Fab Labs, de uma forma geral, ainda existem questões que estão em aberto. Para dar continuidade a este estudo, sugere-se:

- a) Ampliar a amostragem de Fab Labs para obtenção de resultados mais conclusivos;
- b) ampliar o número de visitas e mapeamentos para melhor caracterização do uso do espaço;
- c) ampliar o número de turmas ou grupos de usuários para verificar comportamento de diferentes usuários;
- d) Estudar estratégias de implementação e gestão desses espaços como sala de aula.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, Chris. **Maker: A nova revolução industrial**. São Paulo, SP: Elsevier Editora, 2012.
- AMEM, Bernadete Malmegrim Vanzella; NUNES, Lena Cardoso. Tecnologias de Informação e Comunicação: contribuições para o processo interdisciplinar no ensino superior. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 30, n. 3, p. 171-180, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.org/pdf/rbem/v30n3/07.pdf>. Acesso em: Jun. 2017.
- AZEVEDO, Giselle A. N. **Arquitetura escolar e educação: Um modelo conceitual de abordagem interacionista**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: [http://www.fau.ufrj.br/prologar/assets/g\\_arteiro.pdf](http://www.fau.ufrj.br/prologar/assets/g_arteiro.pdf). Acesso em: 20 Abr. 2017.
- BACICH, Lilian; TANZI NETO, Adolfo; DE MELLO TREVISANI, Fernando. **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Penso Editora Ltda, 2015.
- BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. 3ª Ed. Lisboa: Edições 70. 2010.
- BLIKSTEIN, Paulo. Digital Fabrication and ‘Making’ in Education - The Democratization of Invention,” in **Fab Lab: Of Machines, Makers and Inventors**, Bielefeld: Transcript Verlag, 2014, pp. 203–222.
- BRANSFORD, J. D.; BROWN, A. L.; COOKING, R. R. **Como as pessoas aprendem: cérebro, mente, experiência e escola**. Tradução de Carlos Szlak. São Paulo: Editora Senac, 2007. *Apud* RIBEIRO, Leila A. M. **Curiouser Lab: uma experiência de letramento informacional e midiático na educação**. 2016. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/21279>. Acesso em: Maio 2017.
- BRAZ, Zoleni Lamim. **Novas mídias no ensino de arquitetura e urbanismo: relação entre tecnologias, espaço e pedagogia**. 2016. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2016. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/8455>. Acesso em: 20 Mar. 2017.
- CARVALHO NETO, Cassiano Z. **Espaços ciberarquitetônicos e a integração de mídias por meio de técnicas derivadas de tecnologias dedicadas à educação**. Florianópolis, 2006. Disponível em: <http://www.carvalhonetocz.com/wp-content/uploads/2015/01/HIST%C3%93RICO-SALAS-E-AULA-INTELIGENTE-IGGE.pdf>. Acesso em: 07 Abr. 2017.
- CASTELLS, Manuel. **A sociedade em rede**. São Paulo: Paz e Terra, 1999.
- CHRISTENSEN, C.; HORN, M.; STAKER, H. Ensino híbrido: uma inovação disruptiva. **Uma introdução à teoria dos híbridos**. 1ª Ed. São Paulo: Penso, 2013.
- CUNHA, Marta. **Edifícios híbridos como geradores de uma nova lógica urbana**. 2012. Dissertação (Mestrado Integrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Artes da Universidade Lusfada, Lisboa, 2012. Disponível em: [www.dspace.lis.ulusiada.pt](http://www.dspace.lis.ulusiada.pt). Acesso em: 15 de julho de 2017.

EYCHENNE, Fabien. **Makers, pro-amateurs, consom`acteurs de qui parle-t-on?** Disponível em: <http://www.internetactu.net/2012/07/12/makers-pro-amateurs-con%ADsomacteurs-de-qui-parle-t-on/>. Acesso em: 11 de julho de 2018.

EYCHENNE, Fabien; NEVES, Heloisa. **Fab Lab: A Vanguarda da Nova Revolução Industrial**. São Paulo: Fab Lab Brasil, 2013.

FLICK, U. **Desenho da pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FRANCO, Marília L.P.B. **Análise de Conteúdo**. Brasília: Liber Livros, 2008.

GERSHENFELD, Neil. **Fab: The Coming Revolution on Your Desktop: From Personal Computers to Personal Fabrication**. New York: Basic Books, 2005.

GERSHENFELD, Neil. **How to Make Almost Anything The Digital Fabrication Revolution**. EUA: Foreign Affairs, 2012.

HONÓRIO, Erotilde. **Metodologias ativas para uma nova gestão do ensino-aprendizagem**. Disponível em:

[http://uniformoticias.unifor.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=624&Itemid=31](http://uniformoticias.unifor.br/index.php?option=com_content&view=article&id=624&Itemid=31). Acesso em: 04 Jun. 2017.

HORNE MARTIN, S. The classroom environment and its effect on the practice of teachers. **Journal of Environmental Psychology**. Volume 22, pp139-156. 2002.

HORN, Michael. B.; STAKER, Heather. **Blended: usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação**. Tradução de Maria Cristina Gulate Monteiro. Porto Alegre: Penso, 2015.

IGOE, T.; MOTA, C. **"A Strategist`s Guide to Digital Fabrication"**. Strategy Business, Issue 64-Autumn. 2011.

ISOLD, Rosilaine; SATTLER, Miguel; GUTIERREZ, Ester. **Tecnologias inovadoras visando à sustentabilidade em Arquitetura e construção**, 2006. In: BRAZ, Zoleni Lamim. **Novas mídias no ensino de arquitetura e urbanismo: relação entre tecnologias, espaço e pedagogia**. 2016. P.6.

JONASSEN, David. **O uso das novas tecnologias na educação à distância e a aprendizagem construtivista**. Em Aberto, v. 16, n. 70, 2008. Disponível em: <http://emaberto.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/viewFile/2082/2051>. Acesso em: Maio 2017.

JORENTE, M. J. V. **Ciência da Informação: mídia e convergência de linguagens na Web**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012.

KENSKI, Vani. **Educação e Tecnologias: o novo ritmo da informação**. Campinas: Papyrus, 2007.

KENSKI, Vani M. Novas tecnologias: O redimensionamento do espaço e do tempo e os impactos no trabalho docente. **Revista Brasileira de Educação**, São Paulo, 1998. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/download/INFORMATICA%20EDUCATIVA/leitura%20anexa%203.pdf>. Acesso em: 04 Jun. 2017.

KENSKI, Vani M. Novos processos de interação e comunicação no ensino mediado pelas tecnologias. **Cadernos Pedagogias Universitária**, Nov. 2008. Disponível em: [http://www.prgp.usp.br/attachments/article/640/Caderno\\_7\\_PAE.pdf](http://www.prgp.usp.br/attachments/article/640/Caderno_7_PAE.pdf). Acesso em: 20 Jun. 2017.

- KHAN, S. **Um mundo, uma escola: a educação reinventada**. Tradução de George Schlesinger. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2013.
- KOWALTOWSKI, Doris.C.C.K. **Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- LÉVY, Pierre. **A Inteligência Coletiva**. São Paulo: Loyola, 1998.
- \_\_\_\_\_. **Cibercultura**. São Paulo: Ed. 34, 2000.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa: Planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 3. Ed. – São Paulo: ATLAS, 1996.
- MARTINEZ, Sylvia L.; STAGER, Gary. **Invent to learn: making, tinkering, and engineering in the classroom**. Kindle edition. Canada: Constructing Modern Knowledge Press, 2013.
- MOREIRA, D. DE C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Discussão sobre a Importância do Programa de Necessidades para a Qualidade no Processo de Projeto em Arquitetura. **Revista ANTAC**, Ambiente Construído, v. 9, n. 2, p. 31–45, 2009.
- MOTA, Vera Lúcia Pinheiro. **Fab Labs e Inovação: Contributo das boas práticas de casos holandeses**. 2012. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Porto Faculdade de Economia, Portugal, 2012. Disponível em: <https://projetoparametrico.files.wordpress.com/2015/08/fab-lab-creative-working.pdf> . Acesso em: 10 Maio 2017.
- NETO, José. **Tecnologia educacional: formação de professores no labirinto do ciberespaço**. Rio de Janeiro: MEMVAVMEM, 2007.
- NEVES, Heloisa. **Maker Innovation. Do open Design e Fab Labs... às estratégias inspiradas no movimento Maker**. 2014. Tese (Doutorado em Design e Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, Universidade São Paulo, São Paulo, 2014.
- OLIVEIRA, D. J. de L. **O uso da prototipagem e fabricação digital no ambiente FAB LAB**. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Design. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- OLIVEIRA, Maria. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis: Vozes, 2007.
- PENIDO, Anna. **Destino educação: escolas inovadoras**. São Paulo: Fundação Santillana, 2016. Disponível em: <http://www.moderna.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A808A82569F88700156D71DB78437F5>. Acesso em: Maio 2017.
- RHEIGANTZ, Paulo Afonso; AZEVEDO, Gisele Arteiro; BRASILEIRO, Alice; ALCÂNTARA, Denise; QUEIROZ, Mônica. **Observando a qualidade do lugar: procedimentos para avaliação pós-ocupação**, 2009. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: [www.fau.ufrj.br](http://www.fau.ufrj.br). Acesso em: 04 de abril de 2018.

RIBEIRO, Leila A. M. **Curiouser Lab: uma experiência de letramento informacional e midiático na educação**. 2016. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SPERLING, David M. *et al.* Fabricação digital na América do Sul: um mapeamento de linhas de ação a partir da arquitetura e urbanismo. In: **XIX CONGRESSO DA SOCIEDADE IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL** 2015, 3, 2015, Florianópolis: Blucher, 2015. v. 2, p. 119 - 125.

SUNAGA, Alexsandro; CARVALHO, Camila. **As tecnologias digitais no ensino híbrido**. *Apud* BACICH, Lilian; NETO, Adolfo; TREVISANI, Fernando. **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Penso, 2015.

TIBÚRCIO, T.M.S; FINCH, E F. The impact of Hi-tech Environments on pupils' interactions. In: **Facilities Business and its Management**. (TULLA, K., ed.). Finland, Technical Research Centre of Finland. 2005.

TIBÚRCIO, Túlio Márcio Salles; GONZAGA, Thiago; ROCHA, Karen. O espaço de aprender sob o olhar de novas tecnologias: avaliação de salas de aula de uma instituição federal de ensino. In: **Qualidade de Projeto na Era Digital Integrada**. Campinas: [s.n]. 2013. [s.n]. Disponível em:

<http://www.anparq.org.br/htm/Artigos/TIBURCIO.pdf>. Acesso em: 30 Out. 2017.

TIBÚRCIO, Túlio Márcio Salles. **Mudanças e desafios na arquitetura da sala de aula: O impacto da tecnologia**. Fortaleza, 2008. Disponível em:

<http://www.infohab.org.br/entac2014/2008/artigos/A2297.pdf>. Acesso em: 26 Mai. 2016.

\_\_\_\_\_. O impacto de novas tecnologias nos ambientes de aprendizagem. In: **Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído**, 2009. Disponível em:

<http://www.iau.usp.br/ocs/index.php/SBQP2009/SBQP2009/paper/view/190>.

Acesso em: 17 Mai. 2017.

\_\_\_\_\_. O novo espaço da sala de aula: novos paradigmas para o processo de ensino e aprendizagem. In: **4º Seminário Nacional de Pesquisa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**, 2015. Disponível em:

<http://www.anparq.org.br/htm/Artigos/TIBURCIO.pdf>. Acesso em: 27 Nov. 2017.

\_\_\_\_\_. **The impact of high - tech learning environments on pupils' interactions**. Thesis (PhD.) - University of Reading, Reading. UK, 2007.

ZEISEL, John. **Inquiry by design: tools for environment-behavior research**. Nova York: Cambridge University Press, 1984.

**ANEXOS**

ANEXO I – Protocolo de aula prática

ANEXO II - Questionário

ANEXO III - Legenda do Mapa Comportamental



## 2. EQUIPAMENTOS

Composição de Equipamentos e Acessórios para Bancada POR GRUPO DE TRABALHO		
Qtde	Descrição	Unidade

Composição de Equipamentos e Acessórios para Bancada PARA O PROFESSOR		
Qtde	Descrição	Unidade

Declaro estar ciente das limitações do espaço e cumprirei o Regulamento conforme proposto.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Professor

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Coordenador de Curso

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Fab Manager ou Mentor Técnico Responsável

## ANEXO II – Questionário



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO



Título da Pesquisa: **Fab Lab como espaço de ensino-aprendizagem nas Universidades.**

Coordenador e Orientador da Pesquisa: Professor Túlio Márcio de Salles Tibúrcio, PhD.

Executor da Pesquisa: Davidson Francis Souza Felipe.

### QUESTIONARIO para USUARIOS de FAB LABs

**1. Qual é a sua atividade/ participação no FAB LAB?**

Fab Manager  Guru  Professor  Aluno  Usuário

**2. Você acredita no Fab Lab?**

Sim  Não Por que?

---



---

**3. Você acredita que as pessoas realmente aprendem a fazer coisas no Fab Lab?**

Sim  Não Por que?

---



---

**4. A interferência de terceiros durante os processos do projeto:**

é importante  desnecessária  muito desnecessária  indiferente

**5. Você acha que a forma geométrica (quadrada, retangular, circular...) deste Fab Lab facilita ou dificulta a realização das atividades?**

Facilita  Dificulta Por que?

---



---

**6. Em relação às dimensões (largura, comprimento, altura) este Fab Lab é:**

Muito espaçoso  Espaçoso  Pequeno  Muito Pequeno

**7. Você considera o modelo do mobiliário:**

Muito adequado  Adequado  Inadequado  Muito inadequado

Por que?

---



---

**8. As máquinas disponíveis são suficientes para as atividades?**

Sim  Não  
Por que?

---



---

**9. Você gostaria que tivesse mais algum móvel ou equipamento neste Fab Lab?**

Sim  Não

Quais?

---



---



---

**10. Para o desenvolvimento das atividades, o layout (arranjo espacial dos equipamentos) deste Fab Lab.**

Facilita muito  Facilita  Dificulta  Dificulta muito

**11. Este layout ajuda na interação das pessoas?**

Sim  Não

**12. Este layout ajuda na interação com as máquinas?**

Sim  Não

**13. Você acha que o espaço é flexível e permite variar o layout?**

Sim  Não

**14. Você sente falta de um ambiente de apoio ao Fab Lab?**

Sim  Não

Quais?

---



---



---

**15. Você usa alguma Tecnologia Digital para desenvolver seus projetos?**

Sim  Não

Quais?

---



---



---

**16. Você já recorreu à Rede Fab Lab alguma vez para desenvolver algum projeto?**

Nunca  Poucas vezes  Várias vezes  Sempre

**17. Em sua opinião, o Fab Lab pode ser conformado como uma Sala de Aula?**

Sim  Não Por que?

---

---

---

**18. Se o Fab Lab fosse conformado como Sala de Aula, a forma geométrica (quadrada, retangular, circular...) dele facilitaria ou dificultaria a realização das atividades?**

Facilitaria  Dificultaria Por que?

---

---

---

**19. Pensando o Fab Lab como uma Sala de Aula, o mobiliário (carteiras, mesas e cadeiras) é ...**

Muito desconfortável  Desconfortável  Confortável  Muito confortável

**20. Se ele fosse uma Sala de Aula, ele poderia receber aulas de quaisquer cursos?**

Sim  Não Por que?

---

---

---

**21. Para você o Fab Lab é importante para uma Instituição de ensino?**

Sim  Não Por que?

---

---

---

**22. Qual sua faixa etária?**

10-20  21-30  31-40  41-50  51-60  maior que 60

**23. Gênero**

masculino  feminino

ANEXO III – Modelo de Mapa Comportamental e Legenda

