

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Curso de Especialização: Produção e Gestão do
Ambiente Construído

Jonathan Henrique dos Santos

ENSINO-APRENDIZAGEM DE BIM NO MEIO
ACADÊMICO DE BELO HORIZONTE

Belo Horizonte,
2018

JONATHAN HENRIQUE DOS SANTOS

**ENSINO-APRENDIZAGEM DE BIM NO MEIO
ACADÊMICO DE BELO HORIZONTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização: Produção e Gestão do Ambiente Construído do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientadora: Danielle Meireles de Oliveira

**Belo Horizonte,
2018**

AGRADECIMENTOS

À Deus, a conclusão de mais essa etapa em minha vida.

Ao meu pai e mãe, que sempre me estimularam, com apoio e paciência.

A orientadora, professora Danielle Meirelles de Oliveira, pela orientação, apoio, estímulo e ensinamentos desempenhados na elaboração deste trabalho.

A professora Ivonete dos Santos Magalhães, pelo apoio, na elaboração desse trabalho.

Ao professore Urias Eduardo Bistene Cordeiro, pela ajuda, que contribuiu para a realização deste trabalho.

A todos aqueles que de alguma forma ajudaram com ensinamentos e amizade em todo o ano de curso.

RESUMO

A Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção está passando por mudanças na forma em que um empreendimento é pensado, planejado, projetado, construído e administrado durante a fase de uso. Dentre outros fatores, essas mudanças são provenientes da utilização do BIM que possibilita a modelagem de todas as informações ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos permitindo assim simulações, extrações de quantitativos e custos, verificação de interferências e parâmetros desejados dentre outros benefícios que possibilitam grandes avanços para essa Indústria. Embora esses benefícios já estejam sendo evidenciados no mundo com a utilização do BIM, no cenário nacional foram poucas empresas que efetivamente utilizaram esse novo conceito devido a diversos obstáculos, um deles sendo a falta de profissionais qualificados no mercado, que está diretamente ligado ao ensino e aprendizagem do BIM no meio acadêmico. Esta pesquisa tem por objetivo identificar como se encontra o ensino de BIM no meio acadêmico de Belo Horizonte abordando o conhecimento do tema por parte dos alunos e professores, técnicas de ensino, dificuldades de implementação, perspectivas de ensino, interesse dos alunos em aprenderem sobre BIM, dentre outras questões. Para tanto, recorreu-se à pesquisa quantitativa de natureza exploratória por tratar-se de área de pouco conhecimento acumulado, foram elaborados e aplicados questionários para os discentes e docentes do curso de engenharia civil de duas Instituições de Ensino de Belo Horizonte. Através da análise dos resultados pode-se observar que o ensino de BIM ainda se encontra em fases iniciais nas duas Instituições de ensino, sendo que uma delas está com o processo de implementação do ensino mais avançado, pode-se observar ainda que os alunos dessa instituição tiveram uma melhor assimilação e acertos em relação aos conceitos e práticas BIM, mostrando a importância do ensino ainda na graduação.

Palavras-chave: BIM. Ensino de BIM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Instituições que ensinam BIM nos Estados Unidos	10
Figura 2- Instituições que ensinam BIM no resto do mundo	10
Figura 3- Tipos de introdução do ensino de BIM nas instituições observadas	11
Figura 4- Principais obstáculos enfrentados para o ensino de BIM	11
Figura 5- Curso em que os professores lecionam	21
Figura 6- Períodos em que os professores lecionam	22
Figura 7- Períodos em que os professores lecionam	24
Figura 8- Perspectivas dos professores quanto ao ensino de BIM em suas disciplinas.....	25
Figura 9- Perspectivas dos professores quanto ao ensino de BIM na graduação.....	26
Figura 10- Iniciativas ou projetos de implementação do ensino BIM	27
Figura 11- Maneira que os professores ensinam BIM	29
Figura 12- Utilização de <i>softwares</i> para ensinar BIM	30
Figura 13- Criação ou reformulação de disciplinas como boa alternativa para ensinar BIM	31
Figura 14- Principais barreiras indicadas pelos docentes	32
Figura 15- Curso em que os alunos estão matriculados	33
Figura 16- Discentes que conhecem ou já ouviram falar sobre BIM	34
Figura 17- Meios em que os alunos tiveram contato com o BIM	36
Figura 18- Percepção quanto ao BIM ser utilizado em todo o ciclo de vida de um empreendimento	37
Figura 19- Softwares considerados pelos alunos uma ferramenta BIM	38
Figura 20- Resultado das relações das características multidimensionais do BIM.....	39
Figura 21- Interesse dos discentes em aprender BIM através de disciplinas da graduação	40
Figura 22- Interesse dos discentes em aprender BIM pela colaboração entre diversas áreas	41
Figura 23- Área em que os discentes possuem interesse em aprender BIM	42

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1- Benefícios em relação às fases do ciclo de vida	07
Quadro 2- Áreas abordadas no questionário dirigido aos docentes	20
Quadro 3- Áreas abordadas no questionário dirigido aos discentes	20
Tabela 1- Distribuição da amostra por instituição	21

LISTA DE ABREVIATURAS

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

BIM – Building Information Modeling

CAD – Computer Aided Design

IFC – Industry Foundation Classes

NBIS – National Institute of Building Sciences

NPBIM – Nível de Proficiência Building Information Modeling

SUMÁRIO

Introdução	01
Capítulo 1: Modelagem da informação da construção	02
1.1 Principais definições do BIM	02
1.2 Modelagem paramétrica	03
1.3 Interoperabilidade	04
1.4 Colaboração	05
1.5 Benefícios e dificuldades da implementação do BIM	05
Capítulo 2: Ensino da modelagem da informação da construção	09
2.1 Ensino de BIM pelo mundo	09
2.2 Obstáculos enfrentados na implementação do ensino BIM	11
2.3 Estratégias para implementação do ensino e aprendizagem BIM	12
Capítulo 3: Metodologia e resultados	18
3.1 Metodologia e obtenção de dados	19
3.2 Resultados obtidos e análises de dados	21
3.2.1 Resultados obtidos e análises dos dados dos docentes	21
3.2.2 Resultados obtidos e análises dos dados dos discentes	33
Considerações finais	44
Referências Bibliográficas	46
Apêndice A – Questionários disponibilizados para os docentes	50
Apêndice B – Questionários disponibilizados para os discentes	53

INTRODUÇÃO

O *Building Information Modeling* (BIM), termo que foi transcrito para o português como Modelagem da Informação da Construção, está permitindo grandes avanços para a Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Essa nova abordagem possibilita diversas melhorias em todo o ciclo de vida de um empreendimento, iniciando no estudo de viabilidade, passando pela elaboração dos projetos, planejamentos da obra, orçamentos, construção, uso, operação, manutenção e finalizando na possível demolição dos empreendimentos.

Entretanto um dos grandes obstáculos que o cenário brasileiro enfrenta para implantação da Modelagem da Informação da Construção na Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção, é a falta de profissionais qualificados que detenham os conhecimentos e técnicas adequadas para a sua utilização de modo a usufruir de todos os seus benefícios. Desta forma percebe-se o papel fundamental das instituições de ensino de nível superior na formação desses profissionais para o mercado de trabalho, tornando-se essencial a disseminação, ensino e aprendizagem desse novo conceito para os alunos, proporcionando a evolução da Indústria da AEC no Brasil.

No entanto, as instituições de ensino superior também estão enfrentando dificuldades para a implantação do ensino de BIM em suas grades curriculares. Dentro deste contexto, esse trabalho apresenta uma breve fundamentação teórica acerca do tema, abordando pesquisas realizadas por diversos autores que investigaram o ensino e aprendizagem do BIM pelo mundo identificando os principais obstáculos enfrentados e as principais tendências na implementação do BIM em diversas instituições de ensino. Por fim serão apresentados resultados do atual cenário de ensino e aprendizagem dos conceitos e práticas BIM em duas instituições de ensino superior de Belo Horizonte, abordando questões como técnicas de ensino do BIM, possíveis conhecimentos por parte dos discentes e docentes, iniciativas de implantação, dificuldades encontradas na implantação, interesse dos discentes em aprender sobre BIM, entre outras.

CAPÍTULO 1

MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Este capítulo faz parte da fundamentação teórica abordando conceitos essenciais para o entendimento de BIM, permeando por questões como: as principais definições, principais características que diferenciam o BIM do CAD e benefícios e dificuldades de implementação do BIM na indústria da AEC.

1.1 Principais Definições do BIM

A Modelagem da Informação da Construção é uma nova abordagem para a indústria da AEC envolvendo projetos, construção, gerenciamento e manutenção dos edifícios, ao ser implementada de maneira plena todos os envolvidos podem acessar informações dos projetos, cronograma e orçamento (BARISON, 2015). Segundo Eastman *et al.* (2014), BIM pode ser entendido como uma tecnologia de modelagem da informação e um conjunto integrado de processos de produção, comunicação e análise do modelo de construção. Para Succar (2009), BIM é um conjunto interligado de tecnologias, processos e políticas.

De acordo com Checcuci e Amorim (2008, p. 2) BIM pode ser conceituado como:

Uma base de dados digital, integrada e autoconsistente, capaz de representar uma dada edificação e possibilitar simulações e operações sobre o conjunto de objetos parametrizados orientados a AEC, que a constitui. Ele deve ser capaz de descrever e operar numericamente tanto sobre elementos concretos (portas, janelas,...) como abstratos (prazos, custos, cronogramas,...). Este modelo de informações deve dar suporte aos diferentes especialistas que interagem entre si e interferem na edificação durante o seu ciclo de vida.

Já conforme o comitê americano *National Institute of Building Sciences* (NBIS, 2015), o BIM pode ser entendido como três funções diferentes, mas vinculadas:

- *Building Information Model* (modelo ou produto): É a representação digital de informações e dados de determinado produto.

- *Building Information Modeling* (processo ou atividade): É o processo de modelagem colaborativa da informação realizada pelas partes interessadas, permitida por meio da interoperabilidade entre os *softwares* BIM.

- *Building Information Management* (gerenciamento): É o gerenciamento do processo de modelagem da informação utilizando o modelo virtual para compartilhar informações ao longo de todo o ciclo de vida de um empreendimento.

Para Eadie *et al.* (2013) a modelagem da informação da construção é definida como o processo de geração, armazenamento, compartilhamento, extração e gerenciamento das informações do empreendimento de maneira interoperável e reutilizável. Checcucci (2014) acrescenta que a modelagem da informação da construção é realizada em um ambiente virtual complexo, com a finalidade de auxiliar todo ciclo de vida da edificação de forma integrada e colaborativa.

1.2 Modelagem paramétrica

A modelagem paramétrica é a questão central para o entendimento de BIM. Sendo a principal diferença entre projetos em BIM e projetos em CAD (*Computer Aided Design*), ela representa um objeto por parâmetros e regras que determinam a geometria, algumas propriedades e características não geométricas (EASTMAN *et al.*, 2014). Segundo Checcuci (2014) a modelagem paramétrica permite a representação de um objeto por diversos parâmetros e regras que devem ser determinados na própria criação do objeto podendo ser ou não editáveis.

O modelo parametrizado permite a correção automática de cortes, vistas e outros elementos, possibilita quantificar e qualificar o material utilizado, auxilia na estimativa de custos. As modificações e melhorias nos projetos são processadas automaticamente nas plantas baixas, vistas, cortes e planilhas de custo permitindo uma melhora significativa na qualidade do produto final (SOUZA *et al.*, 2009).

1.3 Interoperabilidade

A interoperabilidade permite a interação e colaboração de forma simultânea entre os envolvidos nos projetos da AEC, porém isso só é possível se todos puderem trocar livremente informações e dados do modelo mesmo que utilizando diferentes *softwares* ou plataformas (BARISON, 2015). Pode-se dizer que a interoperabilidade é a capacidade de vários sistemas trabalharem de forma simultânea, transmitindo informações e dados de maneira inequívoca para todo o modelo parametrizado (NBIS, 2015). De acordo com Eastman *et al.* (2014, p. 66) “a interoperabilidade elimina a necessidade de replicar a entrada de dados que já foram gerados e facilita fluxos de trabalhos e automação.”

Existem duas formas de realizar a interoperabilidade no BIM, a primeira permite uma interação mais acentuada em contrapartida pouco flexível devido ao fato de que todos os envolvidos no projeto devem utilizar *softwares* do mesmo fornecedor. A segunda possui uma interação menor, em contrapartida é mais flexível graças à possibilidade de utilizar *softwares* de diversos fornecedores (EASTMAN *et al.*, 2014).

A segunda forma é a mais viável e desejável solução para realizar as trocas de informações uma vez que apenas um fornecedor não é capaz de dar suporte a todas as etapas do ciclo de vida da edificação, visto que existem *softwares* mais adequados para se trabalhar nas primeiras etapas de projeto, programas específicos para análises energéticas e conforto ambiental da edificação, ferramentas próprias para estimar prazos e custos, *softwares* mais indicados para as diversas modelagens sejam elas arquitetônicas, de instalações ou de estruturas, dentre vários outros (CHECCUCI *et al.*, 2011).

Para que se tenha uma boa interoperabilidade entre *softwares* de diferentes fornecedores é necessária a implementação de um padrão de protocolo de formatos neutros e abertos, o principal formato utilizado pela Indústria da AEC é o *Industry Foundation Classes –IFC–* (RUSCHEL e ANDRADE, 2009). O IFC é o padrão aberto e neutro para troca de dados na Indústria da AEC criado pela BuildingSMART

International, que permite a representação de toda a edificação através de um modelo numérico (CHECCUCI, 2011). Para Eastman *et al.* (2014) o IFC é o mais bem elaborado e desenvolvido modelo de dados para a AEC e está sendo formalmente adotado por diversos governos e agências em todo o mundo.

1.4 Colaboração

A colaboração entre os diversos envolvidos no empreendimento é essencial para a modelagem BIM, sem ela não é possível desenvolver um modelo que seja aproveitável durante as diversas fases do ciclo de vida (CHECCUCI, 2014). Ainda segundo Checcuci (2014, p. 46) “a colaboração é a interface que define mecanismos de comunicação entre os diferentes profissionais, determinando suas responsabilidades, que informações cada um deverá inserir e extrair do modelo, dentre outras questões.”

Eastman *et al.* (2014) afirmam que a utilização do BIM força a colaboração antecipada entre arquitetos, projetistas, engenheiros, construtores e outros envolvidos na Indústria AEC provocando mudanças significativas no relacionamento entre esses agentes e nos processos de trabalho.

Segundo Santos (2012) a colaboração dos diversos envolvidos em fases iniciais de modelagem do empreendimento é uma característica que deve ser adotada no processo BIM. Já para Eastman *et al.* (2014) definir o método que será utilizado para compartilhar o modelo de informação da construção pelos envolvidos é um quesito que deve ser levado em consideração na utilização do BIM.

1.5 Benefícios e dificuldades da implementação do BIM

Melhorias significativas já foram alcançadas com a utilização do BIM se comparadas às práticas tradicionais em CAD. A Modelagem da Informação da Construção pode dar suporte e trazer melhorias as diversas etapas do ciclo de vida de um empreendimento do setor da AEC, embora atualmente ainda não foram alcançadas todas as suas potenciais vantagens (EASTMAN *et al.*, 2014). Uma das

grandes vantagens da utilização do BIM é a possibilidade de construir empreendimentos mais sustentáveis, isso acontece pela capacidade de realização de simulações e pelo controle do empreendimento em todo seu ciclo de vida (CHECCUCI, 2014).

De acordo com Delatorre e Santos (2014) o BIM traz como benefícios a economia de tempo e dinheiro associada a melhores resultados devido à capacidade de compartilhar informações, obter estimativas de custos reais nas fases iniciais, identificar problemas e implantar soluções baseadas em informação confiável antes da construção.

Eastman *et al.* (2014) citam os diversos benefícios que se pode obter com a utilização do BIM como: (a) melhoras na conceituação dos projetos e estudos de viabilidade; (b) aumento da qualidade e do desempenho das construções; (c) visualização antecipada e precisa dos projetos; (d) correções automáticas quando mudanças são feitas no projeto; (e) geração de desenhos 2D precisas e consistentes em qualquer etapa do projeto; (f) colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto; (g) verificações facilitadas das intenções de projeto; (h) extração de estimativas de custos e quantitativos durante as etapas de projeto; (i) inclusão da eficiência energética e a sustentabilidade; (j) sincronização de projetos e planejamento da construção; (k) detecção de interferências e erros de projetos antes da construção; (l) reação rápida a problemas de projeto ou do canteiro; (m) uso do modelo como base para fabricação de componente; (n) melhor implementação de técnicas de construção enxuta; (o) sincronização da aquisição de materiais com o projeto e a construção; (p) melhor gerenciamento e operação das edificações; (q) integração com sistemas de operação e gerenciamento de facilidades. Ele ainda classifica os benefícios de acordo com todas as fases do ciclo de vida demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1: Benefícios em relação às fases do ciclo de vida

Fases	Benefícios
Pré-construção	(a); (b)
Projetos	(c); (d); (e); (f); (g); (h); (i)
Construção e Fabricação	(j); (k); (l); (m); (n); (o)
Pós-construção	(p); (q)

Fonte: Elaborado pelo autor

Apesar dos benefícios provenientes da utilização do BIM sua implantação efetiva na Indústria da AEC apresenta grandes dificuldades. Souza, Amorim e Lyrio (2009) identificam algumas dessas dificuldades enfrentadas por empresas brasileiras como investimento em equipamentos e *softwares*, resistência a mudança por parte dos colaboradores, falta de bibliotecas de objetos, escassez de profissionais com domínio sobre os *softwares*, incompatibilidade com parceiros de outras especialidades, dentre outras.

A utilização eficaz do BIM demanda diversas mudanças na AEC como: novas formas de contrato, mudanças no ambiente de trabalho, utilização de novas ferramentas, formação de equipes multidisciplinares que trabalhem de forma integrada, dentre outras. Tais mudanças podem gerar rejeição dos profissionais mais experientes contribuindo para a dificuldade de implementação do BIM em uma organização (SILVA, MATIAS e MELHADO, 2015).

De acordo com Silva, Matias e Melhado (2015) as barreiras que dificultam a implementação do BIM de forma eficaz na AEC podem ser categorizadas em três grupos – pessoas, tecnologias e gestão:

- Fatores pessoais: falta de tempo e planejamento para implantação, falta de profissionais qualificados, resistência a mudanças pela equipe.

- Fatores tecnológicos: falta de infra-estrutura de TI, deficiências nos próprios *softwares*, adaptação as normas brasileiras, tamanho dos arquivos.

- Fatores de gestão: falta ou falhas de gestão e planejamento envolvendo as alterações nos processos.

Ainda segundo os autores a fragmentação dos setores da Indústria da AEC e a falta de novos modelos de contrato também prejudicam o processo de implementação do BIM.

CAPÍTULO 2

ENSINO DA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

O BIM já vem sendo demandado pelo mercado de construção civil nacional, apesar disso seu ensino nas universidades brasileiras ainda está pouco difundido, poucas são as instituições de ensino que prevêm o ensino da Modelagem da Informação da Construção em suas grades curriculares mesmo que na forma de uma disciplina introdutória (SANTOS *et al.*, 2016).

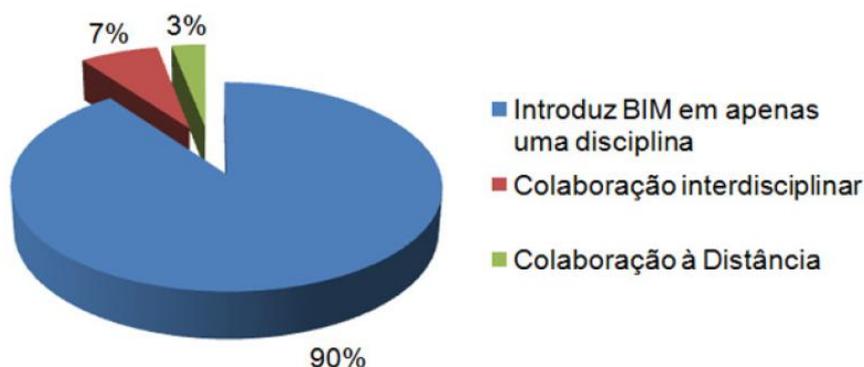
Checcuci (2014) acrescenta que o BIM envolve diversas áreas de conhecimento demandando o desenvolvimento de novas técnicas e metodologias de ensino e aprendizagem para serem inseridos nos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo para a formação de profissionais mais qualificados para o mercado de trabalho. Para que o BIM se torne uma inovação e traga benefícios para o setor da AEC é importante a sua disseminação e ensino, sendo primordial a remodelação dos cursos relacionados a esse setor (CHECCUCI e AMORIM, 2014).

Este capítulo aborda o ensino e aprendizagem de BIM ao redor do mundo tratando dos seguintes itens: principais obstáculos observados para implementação do ensino de BIM, principais estratégias e tendências de ensino.

2.1 Ensino de BIM pelo mundo

Em tese de doutorado Barison (2015) identificou 103 instituições que ensinam BIM em cursos de Arquitetura, Engenharia Civil e Gerenciamento da Construção pelo mundo, 75 instituições estão localizadas nos Estados Unidos (o que corresponde a 73% da amostra) e as outras 28 instituições (27% do total) estão localizadas em outros países como retratado nas Figuras 1 e 2. Ainda segundo a autora, 90% das instituições analisadas introduziram BIM em apenas uma disciplina, 7% tentam simular a colaboração interdisciplinar e apenas 3% simulam a colaboração interdisciplinar à distância, Figura 3.

Figura 3: Tipos de introdução do ensino de BIM nas instituições observadas



Fonte: Barison, 2015, p.60

Apesar das diversas iniciativas internacionais e nacionais para o ensino-aprendizagem do BIM, ainda não há um consenso sobre como ou quando o ensino deve ser inserido no currículo universitário principalmente no que diz respeito às metodologias utilizadas (CHECCUCI e AMORIM, 2013).

2.2 Obstáculos enfrentados na implementação do ensino e aprendizagem BIM

De acordo com Kymmell (2008), os obstáculos enfrentados pelas escolas ao implantar o ensino de BIM em suas grades curriculares podem ser categorizados em três grupos: (a) circunstâncias do ambiente acadêmico, (b) falta de entendimento de conceitos BIM e (c) dificuldades de aprendizagem e utilização de ferramentas BIM. Barison e Santos (2011) observaram as principais causas enfrentadas pelas escolas no âmbito de cada uma dessas categorias, Figura 4.

Figura 4: Tipos de introdução do ensino de BIM nas instituições observadas

AMBIENTE ACADÊMICO	CONCEITOS BIM	FERRAMENTAS BIM
<ul style="list-style-type: none"> · Tempo · Motivação · Recursos · Regras · Currículo 	<ul style="list-style-type: none"> · Ensino individualizado · Ensino tradicional · Pouco trabalho em equipe · Falta de colaboração 	<ul style="list-style-type: none"> · Criatividade · Aprendizagem · Ensino · Conhecimentos

Fonte: Barison e Santos, 2011, p.69

As principais dificuldades enfrentadas pelas instituições de ensino na implementação do ensino e aprendizagem BIM são: (a) falta de professores capacitados, (b) pouca interação entre os departamentos, (c) falta de infraestrutura de TI, (d) custo da tecnologia, (e) falta de tempo para desenvolver um novo currículo, (f) falta de espaço na grade curricular para incluir novas matérias, (g) dificuldades da compreensão de conceitos e processos BIM e aprendizado e utilização de ferramentas BIM, (h) falta de bibliografias e tutoriais e (i) falta de regras estabelecidas pelos órgãos de certificação de cursos (CHECCUCI, 2014).

Em investigação realizada por Barison e Santos (2015) com a finalidade de identificar as percepções de professores quanto ao ensino de BIM, inclusive no que diz respeito aos obstáculos para introduzir BIM no currículo, a maioria dos docentes concordaram que: (a) existe falta de relacionamento curricular entre projeto e gestão, (b) há dificuldades para integrar disciplinas do currículo e (c) há falta de espaço no currículo para incluir novas disciplinas.

Segundo Checcuci e Amorim (2014) a interação de diversas áreas de conhecimento e disciplinas associadas à necessidade de colaboração entre os diversos professores e departamentos são dois grandes obstáculos a serem enfrentados para implementar o ensino de BIM nas escolas.

2.3 Estratégias para implementação do ensino e aprendizagem BIM

De acordo com Checcuci e Amorim (2014) duas formas básicas podem ser observadas no que se diz respeito à inserção de disciplinas BIM na grade curricular das escolas: (a) criação de uma ou mais disciplinas específicas sobre o tema e (b) ensino de BIM em disciplinas já existentes.

(a) Criação de uma ou mais disciplinas específicas

Nessa abordagem a carga horária exigida de alunos e professores pode aumentar, além de restringir o tempo e o conteúdo BIM para serem trabalhadas as novas disciplinas. Em cursos de graduação em Engenharia Civil e Arquitetura a

criação de disciplinas se torna limitada, sendo possível no máximo duas por curso, isso denota que a abordagem sobre o tema será realizada apenas de forma introdutória.

(b) Ensino de BIM em disciplinas já existentes

Nessa abordagem acontece adoção do BIM de forma integrada em diversos períodos da formação do aluno, e em diversos componentes curriculares. Essa abordagem exige que os professores tenham amplo conhecimento sobre o tema e sejam capazes de desenvolver o trabalho integrado evitando que a aprendizagem seja fragmentada. Ao adotar essa estratégia de ensino os alunos têm a possibilidade de trabalharem BIM de diferentes perspectivas e aplicações proporcionando uma aprendizagem mais estruturada.

A estratégia de ensino em disciplinas já existentes abordando diversos componentes curriculares em variados períodos da formação do aluno é mais vantajosa se comparada com a criação de uma ou mais disciplinas BIM. Tal estratégia possibilita uma formação mais consistente e abrangente onde o tema pode ser trabalhado por diversos professores, permitindo que os estudantes trabalhem o BIM com professores especialistas nas diferentes áreas de conhecimento (CHECCUCI, 2014).

Antes de introduzir o ensino de BIM em suas grades curriculares as escolas preferem realizar um projeto-piloto onde são definidas algumas estratégias para implementação do BIM, quatro tipos de informação devem ser coletadas e analisadas nessa etapa preliminar: (a) entrevistar profissionais da indústria para obter sugestões sobre conteúdos, avaliação, assim como para validação das propostas; (b) entrevistar docentes e discentes para conhecer suas percepções sobre BIM; (c) analisar emendas de disciplinas BIM de outras instituições de ensino e (d) elaborar uma lista de competências BIM. Após obter as informações necessárias deve-se realizar os seguintes passos: (1) selecionar disciplinas do currículo em que o BIM pode ser introduzido; (2) definir os objetivos da implementação de BIM na disciplina (se deverá ser ensinada uma ferramenta BIM ou

se BIM será um facilitador para os alunos entenderem conteúdos da disciplina; e (3) definir o nível de proficiência BIM – NPBM – (BARISON, 2015; BARISON e SANTOS, 2015).

Em ampla pesquisa realizada, Barison e Santos (2016), agruparam relatos e experiências envolvendo o ensino de BIM em diversas escolas de engenharia civil e arquitetura no Brasil e no exterior, observando três NPBM, denominados como (a) introdutório, (b) intermediário e (c) avançado. Eles ainda definiram características e abordagem que cada nível de proficiência deve possuir.

(a) Nível Introdutório

No nível introdutório os objetivos são aprender conceitos e fundamentos BIM, explorar conceitos básicos de modelagem, aprender ferramentas BIM utilizadas na área. Nesse nível o intuito é desenvolver competências de um Modelador BIM e de um Facilitador BIM. As ferramentas, conceitos e fundamentos podem ser ensinadas através de palestras, workshops, laboratórios ou em matérias relacionadas com a representação gráfica digital.

De acordo com Koch e Hazar (2010); Brown, Peña e Folan (2009) citados por Barison e Santos (2011, p. 72) os alunos nesse nível:

Resolvem exercícios e fazem pequenos trabalhos individuais para praticar a ferramenta BIM. Recomenda-se que o aluno primeiro faça modificações num modelo existente antes de iniciar a modelagem de um projeto. Em seguida, os alunos desenvolvem o modelo de um pequeno edifício (ou partes dele) com área usualmente inferior a 600 metros quadrados [...]. O aluno de arquitetura pode criar volumetria do edifício, fazer pesquisa sobre um componente primário (portas, janelas, brises e mobília) e com base na pesquisa, desenvolver e detalhar um novo componente. O aluno de engenharia pode identificar um componente de sua escolha nas áreas de estruturas e/ou instalações, listar as informações necessárias para sua construção, categorizar essas informações ao longo do ciclo de vida, esquematizar a ligação e planejar o compartilhamento dessas informações com outras disciplinas.

(b) Nível Intermediário

No nível intermediário o aluno deve ter experiência em uma ferramenta BIM, conhecer fundamentos de projeto e representação gráfica. Os objetivos são aprender técnicas avançadas de modelagem 3D, aprender outras ferramentas BIM, conhecer sistemas do edifício além de explorar funcionalidades de famílias na ferramenta BIM. Nesse nível o intuito é ampliar as habilidades de um Modelador BIM e desenvolver competências de um Analista BIM. O BIM pode ser ensinado em ateliê de projeto integrado e em matérias de tecnologia da construção, dependendo do enfoque do ateliê de projeto, podendo dar ênfase a criação de parâmetros, realização de análises e simulações, visualizações do modelo, criação de elementos arquitetônicos e detalhamento 3D, listagem de materiais criação de especificações e ou geração de documentos.

De acordo com Taibat, Ku e Mccoy (2010); Holland *et al.* (2010); Wu, Issa e Giel (2010); Brown, Peña e Folan (2009); Korman e Simonian (2010), citados por Barison e Santos (2011, p. 73) os alunos nesse nível:

Desenvolvem um modelo BIM em grupo, em que cada indivíduo assume um papel específico. Recomenda-se a rotação de papéis, pois a divisão de papéis desencoraja a aprendizagem individual [...]. O maior desafio desta abordagem é o fator tempo, que deve ser utilizado para aprender algumas ferramentas, fazer a modelagem e desenvolver atividades analíticas. [...] Antes de iniciar a modelagem, o aluno deve aprender padrões BIM, contratos, configuração de protocolo de modelagem e compartilhamento de arquivo central [...] os alunos verificam os sistemas na seguinte ordem: estrutura, ar-condicionado, instalações sanitárias, proteção contra incêndio, hidráulica, elétrica, automação, telefonia e comunicação. Cada equipe une os modelos individuais em um modelo BIM comum, detecta interferências, prepara relatórios de revisão, resolve conflitos, extrai quantidades, planeja etapas da obra e analisa custos. As equipes se reúnem uma vez por semana para coordenar o projeto e atualizar o plano de implementação BIM.

(c) Nível Avançado

No nível avançado o aluno deve ter conhecimento em tecnologia da construção, materiais e métodos de construção, prática profissional e ter experiência na utilização das principais ferramentas BIM. Os objetivos são aprender técnicas de BIM e processos relacionados como: interoperabilidade, ferramentas de gerenciamento BIM, implementação de BIM, estudos de casos, processos de formação de equipes e dinâmicas de equipes. Nesse nível o intuito é desenvolver algumas competências de um Gerente BIM. O BIM pode ser ensinado em ateliê de projetos interdisciplinar e em gerenciamento da construção, é aconselhável o envolvimento de agentes da indústria para fomentar a colaboração profissional.

De acordo com Hyatt (2011); Mccuen e Fithian (2010); Dederichs, Karlshoj e Hertz (2011); Starzyk e Mcdonald (2010); Holland *et al.* (2010) citados por Barison e Santos (2011, p. 74) os alunos nesse nível:

Desenvolvem um modelo BIM em equipe, mas com alunos de outros cursos. [...] as equipes são criadas pelos próprios alunos por meio de auto-seleção baseada em preferências individuais e habilidades, mas com o auxílio do professor. O projeto a ser elaborado deve ser um pouco mais complexo, real [...] de preferência que esteja em processo de construção e em local de fácil acesso para visitas dos estudantes, com informações (plantas e detalhes) disponíveis aos alunos e, se possível, que seja escolhido pelos próprios alunos. [...] Os alunos de cada curso devem criar um modelo relevante para a sua respectiva disciplina. [...] Os alunos planejam um fluxo de trabalho para o projeto e o atualizam de acordo com a necessidade.

Para auxiliar na implementação do ensino BIM, Checcuci (2011, p. 5-6) desenvolveu um método para identificar as matérias curriculares de um curso nas quais o BIM pode ser discutido e trabalhado, o método analisa cada componente curricular de acordo com quatro categorias:

(a) A primeira categoria analisa a relação entre o componente curricular e o BIM, identificando se existe uma interface clara com o tema; se pode existir alguma interface, a depender do foco que o professor dê à disciplina; ou se não se visualiza nenhuma interface com BIM; (b) A segunda categoria analisa que conteúdos da modelagem podem ser trabalhados na disciplina, dentre eles: colaboração; interoperabilidade; coordenação; modelagem geométrica tridimensional; parametrização; orientação a objetos; ciclo de vida da edificação; semântica do modelo; visualização; e simulação; (c) A terceira categoria analisa que etapas do ciclo de vida da edificação podem ser discutidas: estudo de viabilidade; projeto; planejamento da construção; construção; uso e manutenção; e demolição ou requalificação; e, (d) A última categoria se aprofunda na etapa de projeto da edificação, avaliando que disciplinas de projetos podem ser trabalhadas no componente curricular: arquitetura; elétrica; hidráulica; estrutura; ar condicionado; outras disciplinas.

Já Barison e Santos (2014) desenvolveram uma ferramenta para auxiliar docentes no planejamento de disciplina BIM. O professor fornece algumas informações da disciplina que ele ministra e seleciona as habilidades individuais BIM que pretende trabalhar. A ferramenta indica qual é o NP BIM da disciplina analisada, quais tipos de especialistas ela ajuda a formar e também entrega como resposta quais conceitos e usos de BIM estão relacionados com as habilidades selecionadas e quais são os recursos que serão necessários para o ensino de BIM.

Apesar do método e da ferramenta desenvolvida por esses autores é importante que cada instituição de ensino busque implementar o BIM considerando o seu próprio contexto particular, estabelecendo etapas e prazos bem definidos levando em conta os recursos e objetivos planejados (CHECCUCI e AMORIM, 2014).

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA E RESULTADOS

Para obter informações sobre o atual cenário de ensino e aprendizagem BIM em Belo Horizonte como também as percepções, opiniões e conhecimentos dos docentes e discentes de cursos de graduação em Engenharia Civil quanto ao ensino e conceitos do BIM foram elaborados dois questionários, sendo um baseado na pesquisa realizada por Calsavara (2016), aplicado aos discentes e o outro na pesquisa realizada por Braga (2016), aplicado aos docentes. Os questionários foram disponibilizados em duas instituições de ensino superior de Belo Horizonte, denominadas nesse trabalho como: Instituição A e Instituição B.

(a) Instituição A

Trata-se de uma instituição pública de ensino superior que oferta atualmente 77 (setenta e sete) cursos de graduação, tendo como principal forma de ingresso o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) associado ao Sistema de Seleção Unificada (SISU). O curso de graduação em Engenharia Civil da Instituição é ofertado na modalidade presencial diurna, sendo disponibilizadas 200 vagas por ano, 100 por semestre. O curso possui duração padrão de 10 semestres e máxima de 17, tem como carga horária obrigatória 3885 horas e obteve nota 4 em 2014 no Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE).

(b) Instituição B

Trata-se de uma instituição privada de ensino superior que oferta atualmente 27 (vinte e sete) cursos de graduação, tendo como principais formas de ingresso o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e o próprio vestibular realizado pela Instituição. O curso de graduação em Engenharia Civil da Instituição é ofertado na modalidade presencial noturna, sendo disponibilizadas 150 vagas por ano. O curso possui duração padrão de 10 semestres, tem como carga horária obrigatória 3600

horas e obteve nota 3 em 2014 no Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE).

Esse trabalho representa uma pesquisa quantitativa de natureza exploratória, primeiramente serão apresentados os resultados e análises referentes às respostas dos docentes e em seguida serão apresentados os resultados e análises referentes às respostas dos discentes.

3.1 Metodologia e obtenção de dados

Os questionários foram elaborados com a utilização da plataforma *online* Google *forms*, para auxiliar o levantamento estatístico como também a análise dos dados elaborou-se questões objetivas empregando os recursos de múltiplas escolhas e caixas de seleção. Apenas algumas questões apresentaram espaços para respostas discursivas não obrigatórias com o objetivo de complementarem as respostas das questões objetivas.

Os questionários foram direcionados para as escolas de Engenharia Civil das duas Instituições, na Instituição A os questionários foram disponibilizados eletronicamente no ambiente virtual da própria instituição, posteriormente foram disponibilizados na forma impressa, na Instituição B os questionários foram disponibilizados apenas na forma impressa.

O questionário dirigido aos docentes (Apêndice A) foi composto de 10 questões objetivas e 6 questões discursivas complementares, as questões foram estruturadas de acordo com as áreas apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2: Áreas abordadas no questionário dirigido aos docentes

Questionário Docente				
Questão	Curso e Período	Contato com BIM	Perspectivas de ensino BIM	Ensino de BIM
1	(X)			
2	(X)			
3		(X)		
4			(X)	
5			(X)	
6			(X)	
7				(X)
8				(X)
9			(X)	
10				(X)

Fonte: Elaborada pelo autor

O questionário dirigido aos discentes (Apêndice B) foi composto de 10 questões objetivas e 4 questões discursivas complementares, as questões foram estruturadas de acordo com as áreas apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3: Áreas abordadas no questionário dirigido aos discentes

Questionário Discente				
Questão	Curso e Período	Contato com BIM	Conhecimentos BIM	Interesse em aprendizagem BIM
1	(X)			
2		(X)		
3		(X)		
4			(X)	
5			(X)	
6			(X)	
7				(X)
8				(X)
9				(X)

Fonte: Elaborada pelo autor

3.2 Resultados obtidos e análise dos dados

Os questionários ficaram disponíveis em ambas as Instituições no período de 13 de agosto de 2017 a 30 de novembro de 2017, as amostras obtidas foram compostas por 18 respostas dos docentes e 139 respostas dos discentes. A Tabela 4 apresenta a distribuição das respostas em cada Instituição.

Tabela 1: Distribuição da amostra por Instituição

Distribuição da amostra		
Instituição	Docentes	Discentes
A	10	64
B	8	75
Totais	18	139

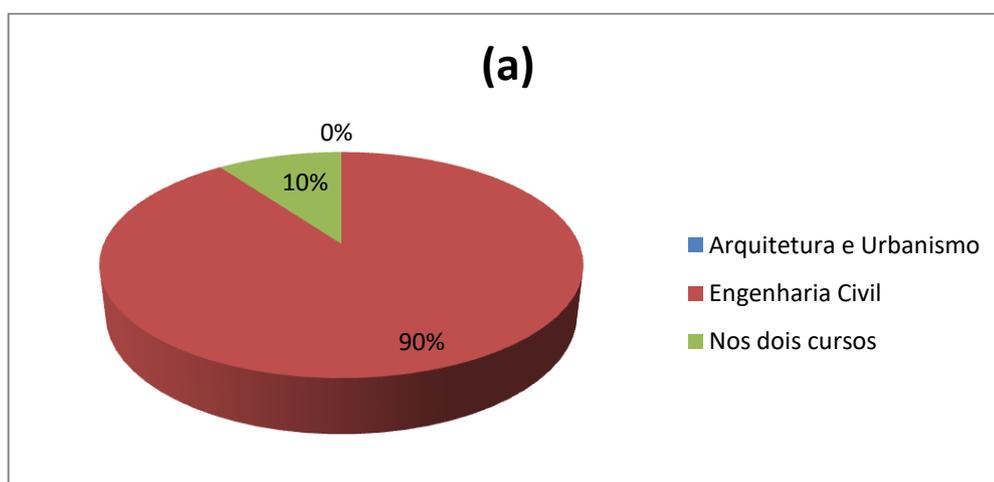
Fonte: Elaborada pelo autor

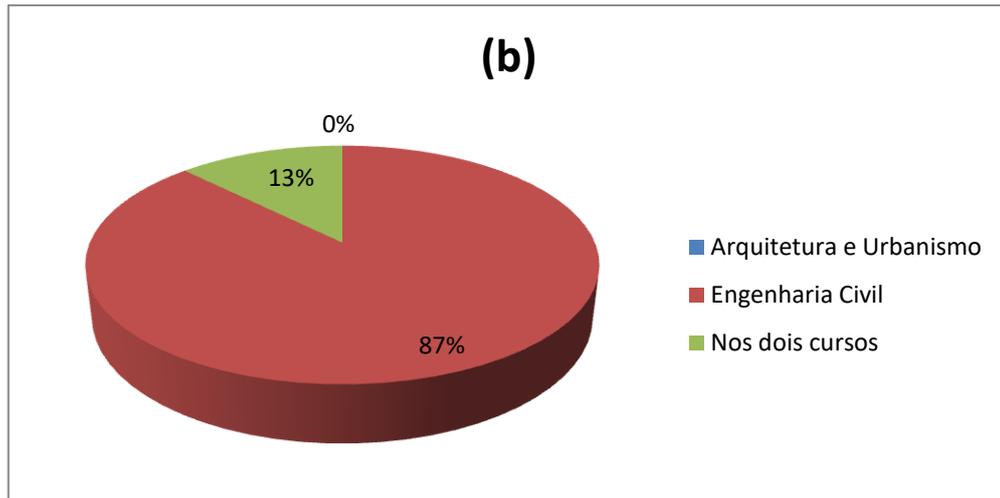
3.2.1 Resultados obtidos e análises dos dados dos docentes

A primeira questão teve como objetivo identificar o curso em que os respondentes lecionam, aproximadamente 90% dos professores das duas Instituições de ensino lecionam matérias no curso de engenharia civil, os outros 10% lecionam matérias nos dois cursos (Figuras 5a e 5b).

Figura 5: Curso em que os professores lecionam

- (a) Instituição A
- (b) Instituição B





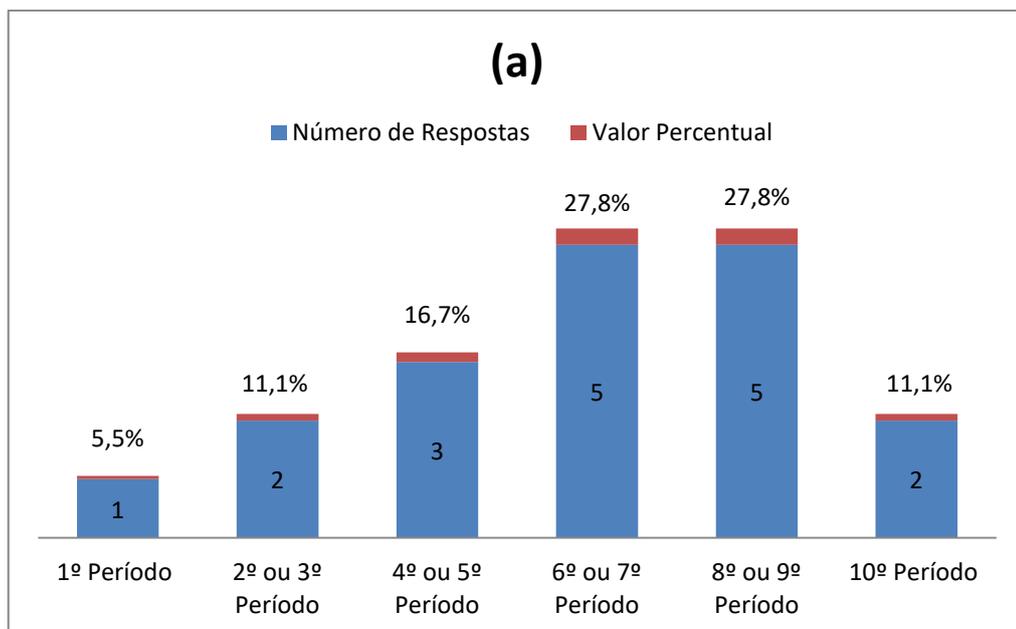
Fonte: Elaborada pelo autor.

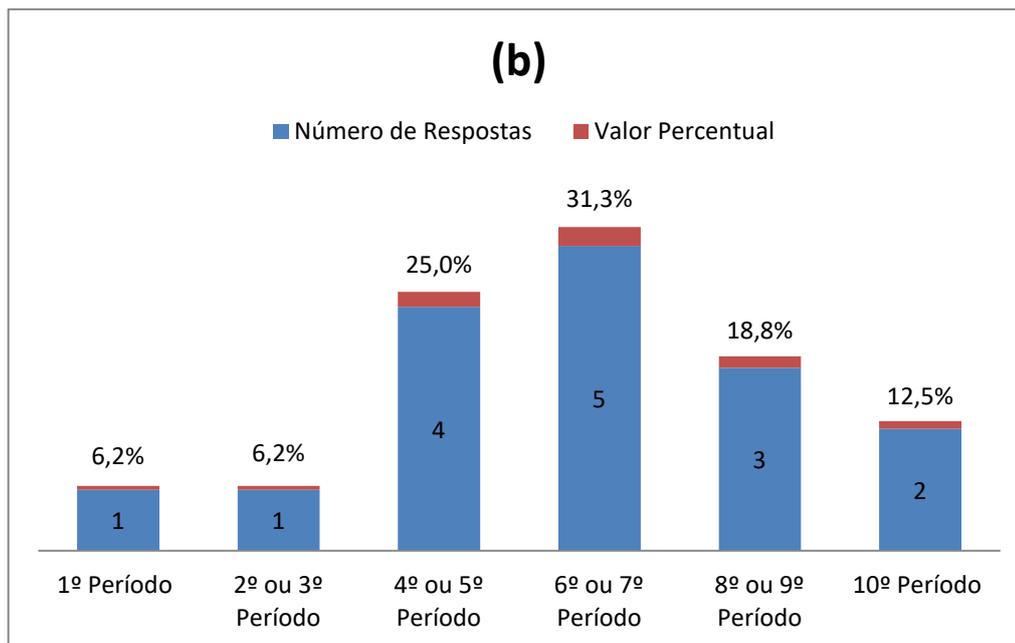
A segunda questão teve como objetivo identificar em quais períodos os docentes lecionam determinada matéria. O respondente pôde selecionar mais de uma alternativa, neste caso, o número total de respostas é maior que o número total das amostras, como mostram as Figuras 6a e 6b.

Figura 6: Períodos em que os professores lecionam

(a) Instituição A

(b) Instituição B





Fonte: Elaborada pelo autor.

Ainda na segunda questão foi perguntado quais disciplinas cada docente lecionava. Na Instituição A os professores citaram as seguintes disciplinas: (a) Desenho Auxiliado por Computador; (b) Tecnologia da Construção; (c) Tecnologia do Ambiente Construído e Sustentabilidade; (d) Materiais de Construção II; (e) Construções Industrializadas; (f) Desenho Projetivo para Engenharia; (g) Trabalho Integrador Multidisciplinar I; (h) Incorporações; (i) Perícias e Avaliações em Engenharia; (j) Patologia das Edificações; (k) Tecnologia das Edificações; (l) Laboratório de Materiais de Construção II; (m) Materiais de Construção I; (n) Concretos Especiais e (o) Engenharia, Arquitetura e Transformações Urbanas.

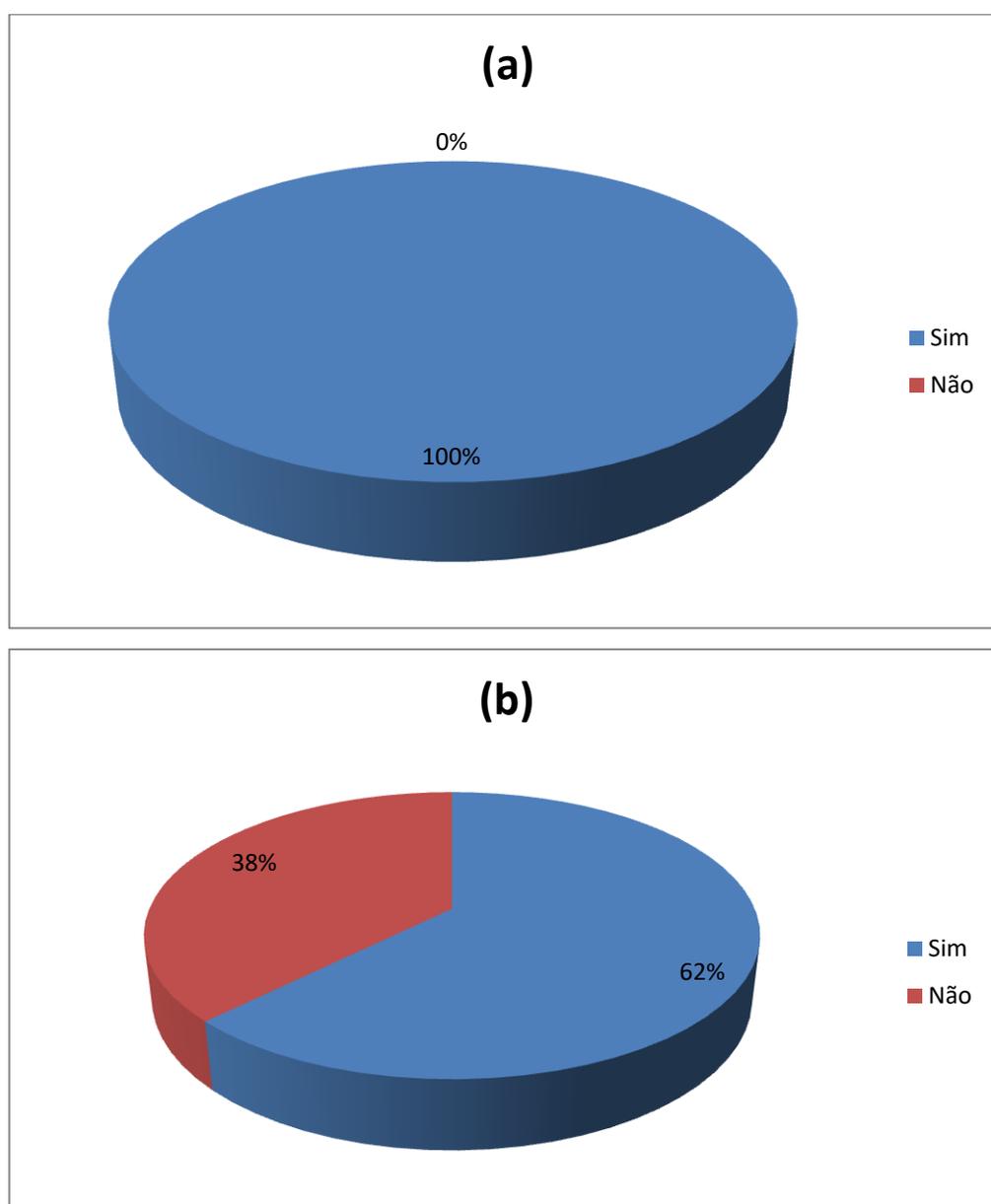
Já na Instituição B os professores citaram as seguintes disciplinas: (a) Tópicos de Direito e Legislação; (b) Incorporação de Edifícios; (c) Desenho Arquitetônico; (d) Projeto Arquitetônico IV; (e) Projeto Aplicado; (f) Estudos do Patrimônio; (g) Ateliê de Projeto; (h) Obras Rodoviárias I; (i) Estrutura de Concreto I; (j) Lógica Computacional; (k) Algoritmo e Programação; (l) Análise Estrutural I; (m) Análise Estrutural III; (n) Materiais de Construção I; (o) Avaliações e Perícias; (p) Estágio Supervisionado; (q) Mecânica dos Solos I e (r) Mecânica dos Solos II.

A terceira questão teve como objetivo identificar se os docentes conhecem ou já ouviram falar sobre BIM. Como resultado na Instituição A todos os professores indicaram conhecer ou já terem ouvido falar sobre BIM (Figura 7a), já na Instituição B apenas 62% dos professores conhecem ou ouviram falar sobre BIM (Figura 7b).

Figura 7: Professores que conhecem ou já ouviram falar sobre BIM

(a) Instituição A

(b) Instituição B



Fonte: Elaborada pelo autor.

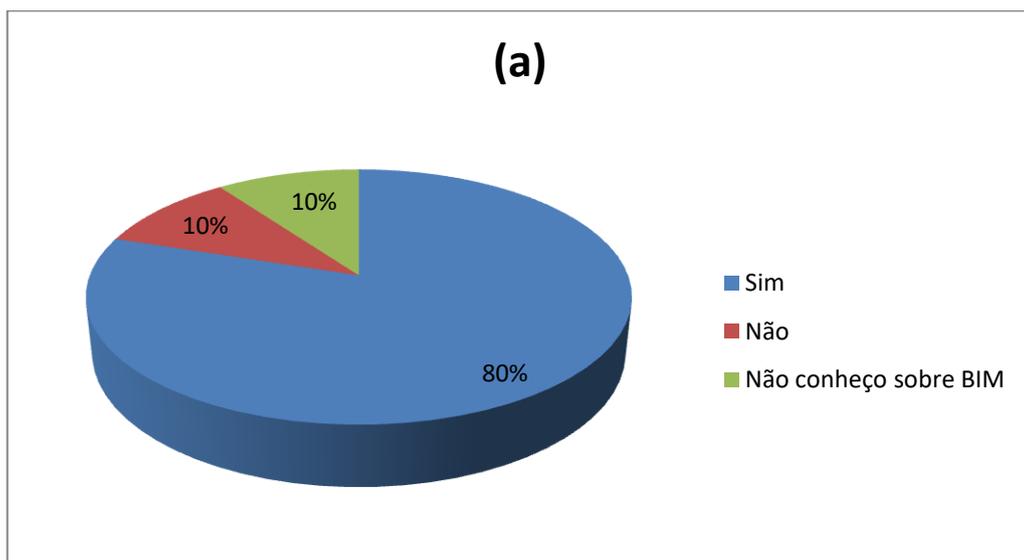
A quarta questão teve como objetivo identificar a opinião dos docentes quanto ao ensino de BIM nas disciplinas em que cada um leciona. Como resultado na Instituição A (Figura 8a), 80% dos professores acreditam que podem ser ensinados conceitos e práticas BIM nas disciplinas em que lecionam, 10% dos professores o que corresponde a apenas um professor indicou não conhecer sobre BIM (esse docente não citou por quais disciplinas é responsável), os outros 10% não acredita que possam ser ensinados conceitos ou práticas BIM em sua disciplina (esse professor é responsável pelo laboratório de materiais de construção II).

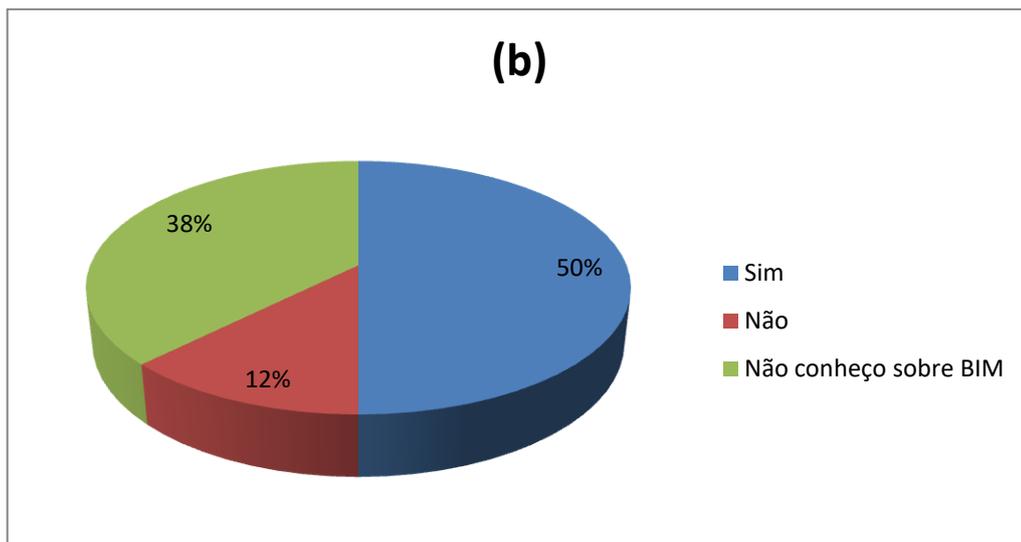
Já na Instituição B (Figura 8b), apenas 50% dos professores acreditam que podem ser ensinados conceitos e práticas BIM nas disciplinas em que lecionam, 38% dos professores indicaram não conhecer sobre BIM (esses docentes lecionam as seguintes disciplinas: (a) Tópicos de Direito e Legislação; (b) Análise Estrutural I e II; (c) Materiais de Construção I; (d) Avaliações e Perícias; (e) Estágio Supervisionado), os outros 12% dos professores, o que corresponde a apenas um professor indicou não conhecer sobre BIM (esse docente é responsável pela disciplina Estrutura de Concreto I).

Figura 8: Perspectivas dos professores quanto ao ensino de BIM em suas disciplinas

(a) Instituição A

(b) Instituição B





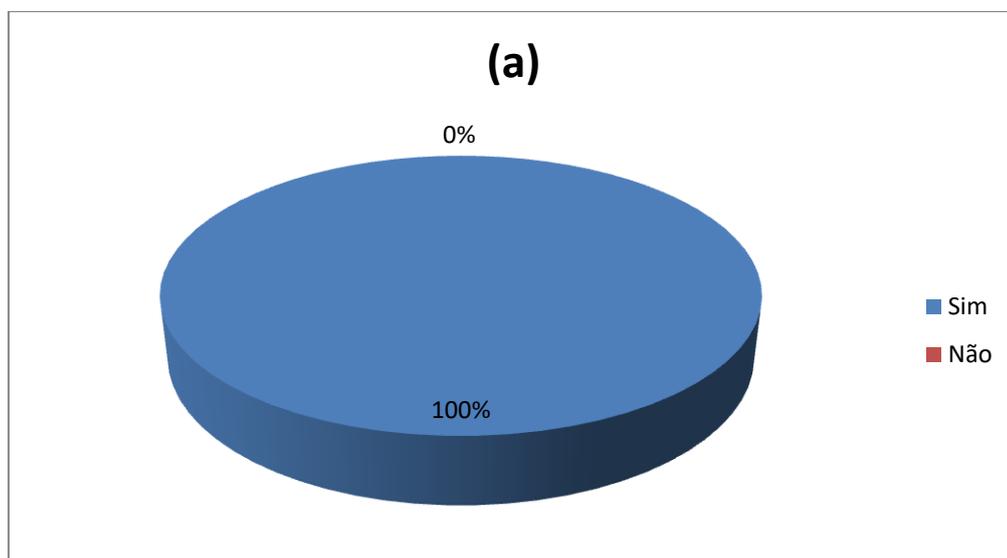
Fonte: Elaborada pelo autor.

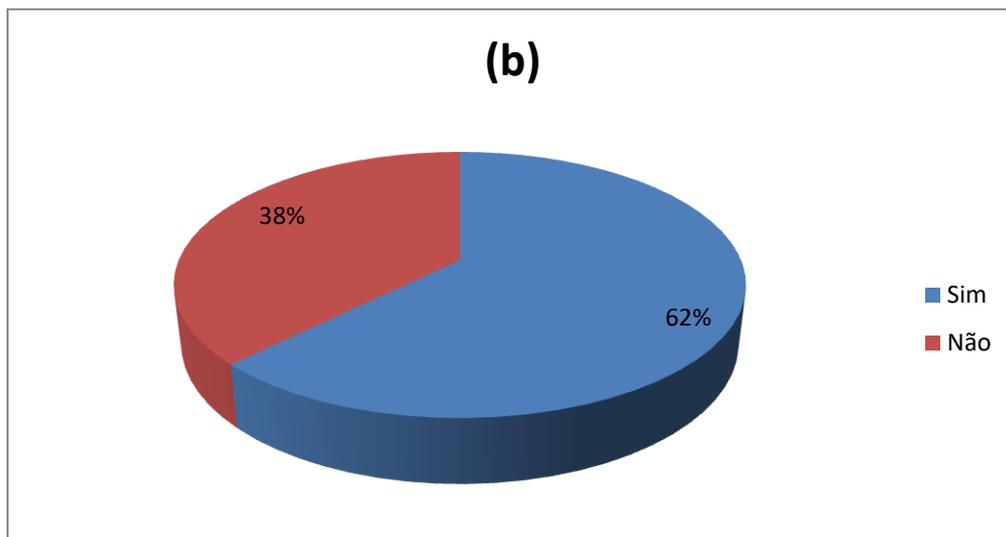
A quinta questão teve como objetivo identificar a opinião dos docentes quanto ao ensino de BIM na graduação. Como resultado todos os professores da Instituição A acreditam que os conceitos e práticas BIM devem ser ensinados ainda na graduação (Figura 9a). Já na Instituição B (Figura 9b), apenas 62% dos professores acreditam que BIM deve ser ensinado na graduação, os outros 38% assinalaram que o BIM não deve ser ensinado na graduação (esses docentes também apontaram não conhecer sobre BIM na quarta questão).

Figura 9: Perspectivas dos professores quanto ao ensino de BIM na graduação

(a) Instituição A

(b) Instituição B





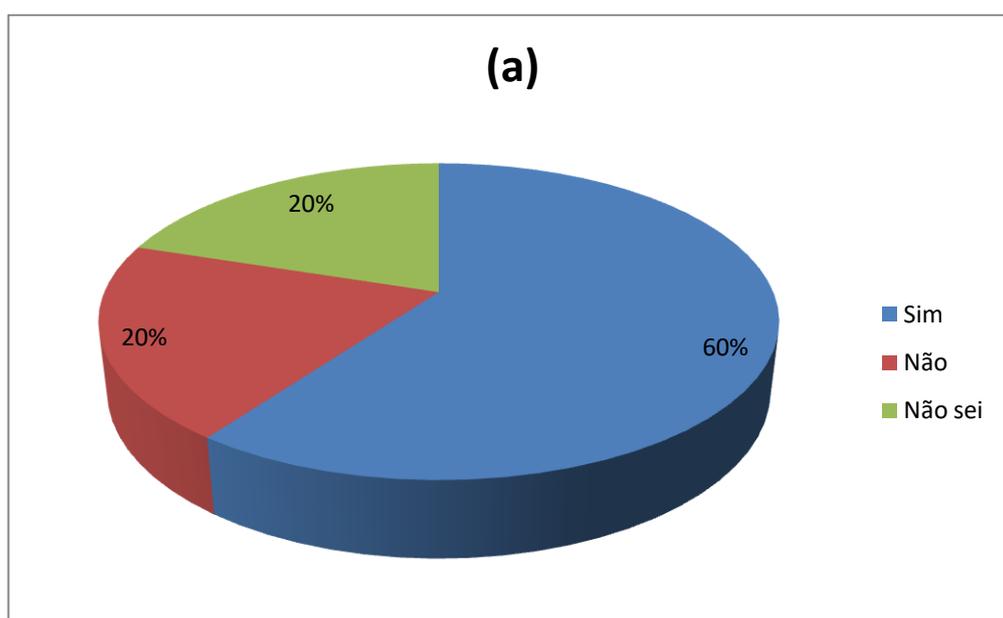
Fonte: Elaborada pelo autor.

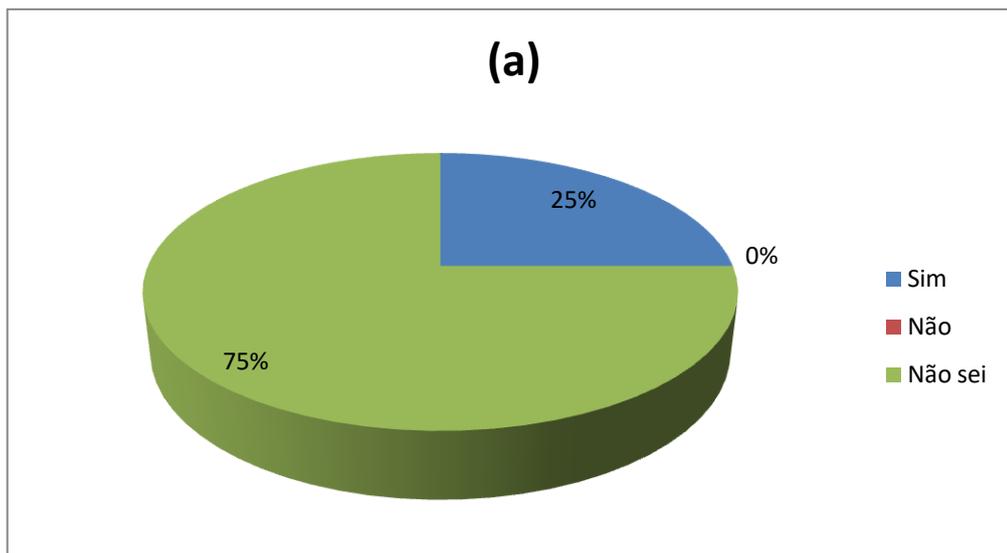
A sexta questão teve como objetivo identificar iniciativas ou projetos de implementação do ensino de BIM em cada Instituição. Como resultado, na Instituição A (Figura 10a), 60% dos professores indicaram haver algum projeto ou iniciativa de ensino BIM na graduação. Já na Instituição B (Figura 10b) apenas 25% dos professores indicaram haver algum projeto ou iniciativa de ensino BIM na graduação.

Figura 10: Iniciativas ou projetos de implementação do ensino BIM

(a) Instituição A

(b) Instituição B





Fonte: Elaborada pelo autor.

Ainda na sexta questão foi perguntado quais iniciativas ou projetos estavam sendo realizados na Instituição para o ensino de BIM. Os professores da Instituição A citaram haver iniciativa ou projeto para implantação do BIM em disciplinas do curso, indicando que ocorreu uma reformulação da disciplina Desenho Auxiliado por Computador, incorporando no conteúdo programático a elaboração de projetos por meio da tecnologia BIM. Nessa disciplina, lecionada para os alunos do 2º período do Curso de Engenharia Civil, a modelagem 3D, antes realizada no AutoCAD, passou a ser desenvolvida utilizando o *software* Revit.

Já na Instituição B os professores indicaram haver iniciativa para implantar o ensino de BIM em disciplinas do Curso de Arquitetura e Urbanismo. O projeto ainda não foi efetivamente implementado, o esperado é substituir o AutoCAD pelo ArchiCAD.

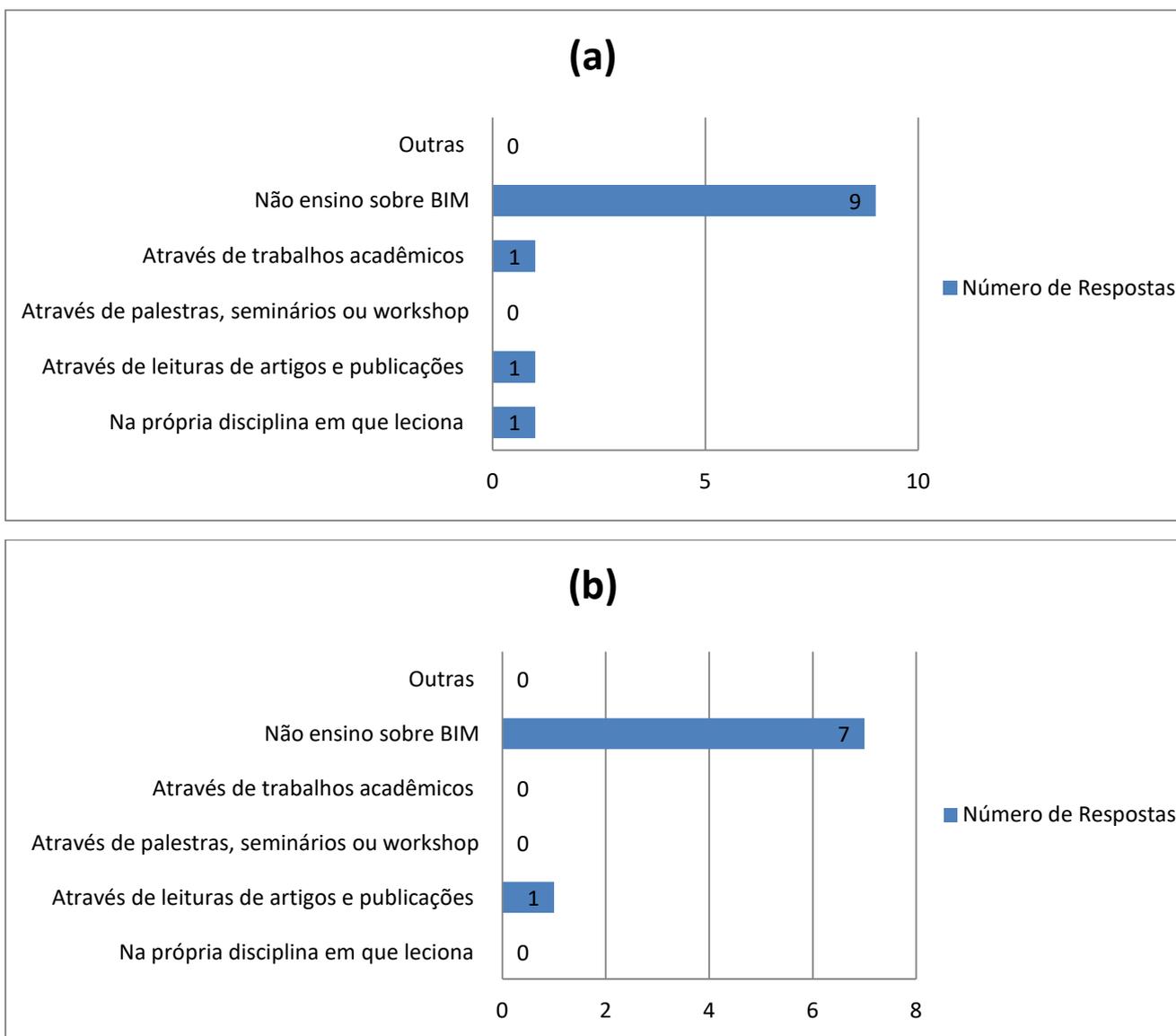
A sétima questão teve como objetivo identificar de quais formas os professores estão ensinando BIM para os alunos da graduação. O respondente pôde selecionar mais de uma alternativa, neste caso, o número total de respostas não é necessariamente igual ao número total das amostras. Na Instituição A (Figura 11a) somente a professora da disciplina Desenho Auxiliado por Computador informou que ensina efetivamente conceitos e práticas BIM, através da indicação de

leituras de artigos e publicações e na própria disciplina em que leciona. Já na Instituição B (Figura 11b) apenas o professor (a) da disciplina Mecânica dos Solos I e II informou ensina BIM, indicando leituras de artigos e publicações.

Figura 11: Maneira que os professores ensinam BIM

(a) Instituição A

(b) Instituição B



Fonte: Elaborada pelo autor.

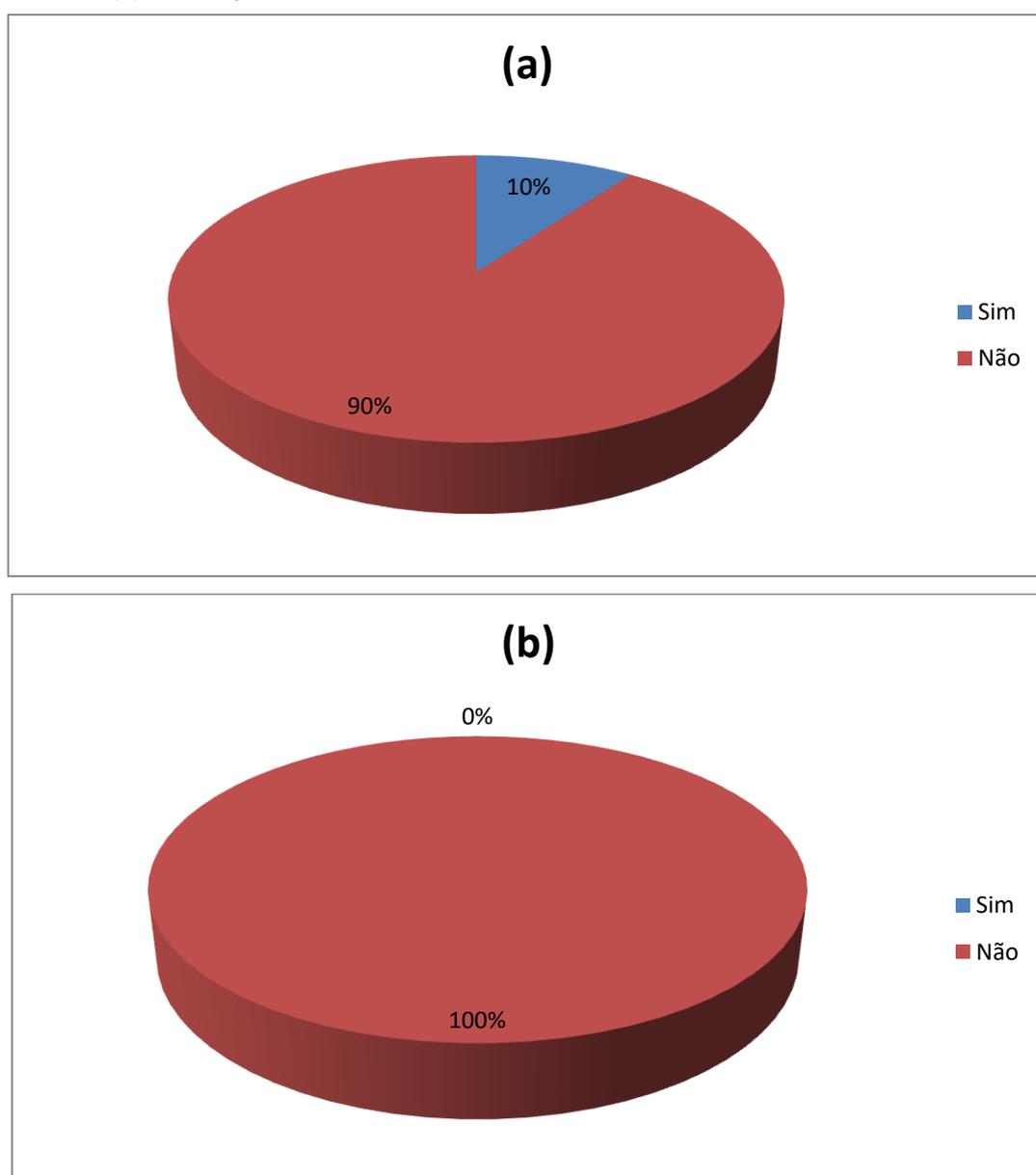
A oitava questão teve como objetivo identificar se os professores já utilizaram algum *software* BIM para ensinar os conceitos e práticas para os seus alunos. Como resultado na Instituição A (Figura 12a) somente 10% dos professores, o que

corresponde a uma professora, indicou utilizar o *software* Revit para ensinar sobre BIM para os alunos da disciplina Desenho Auxiliado por Computador. Já na Instituição B (Figura 12b) nenhum professor utiliza algum *software* para ensinar sobre BIM.

Figura 12: Utilização de *softwares* para ensinar BIM

(a) Instituição A

(b) Instituição B



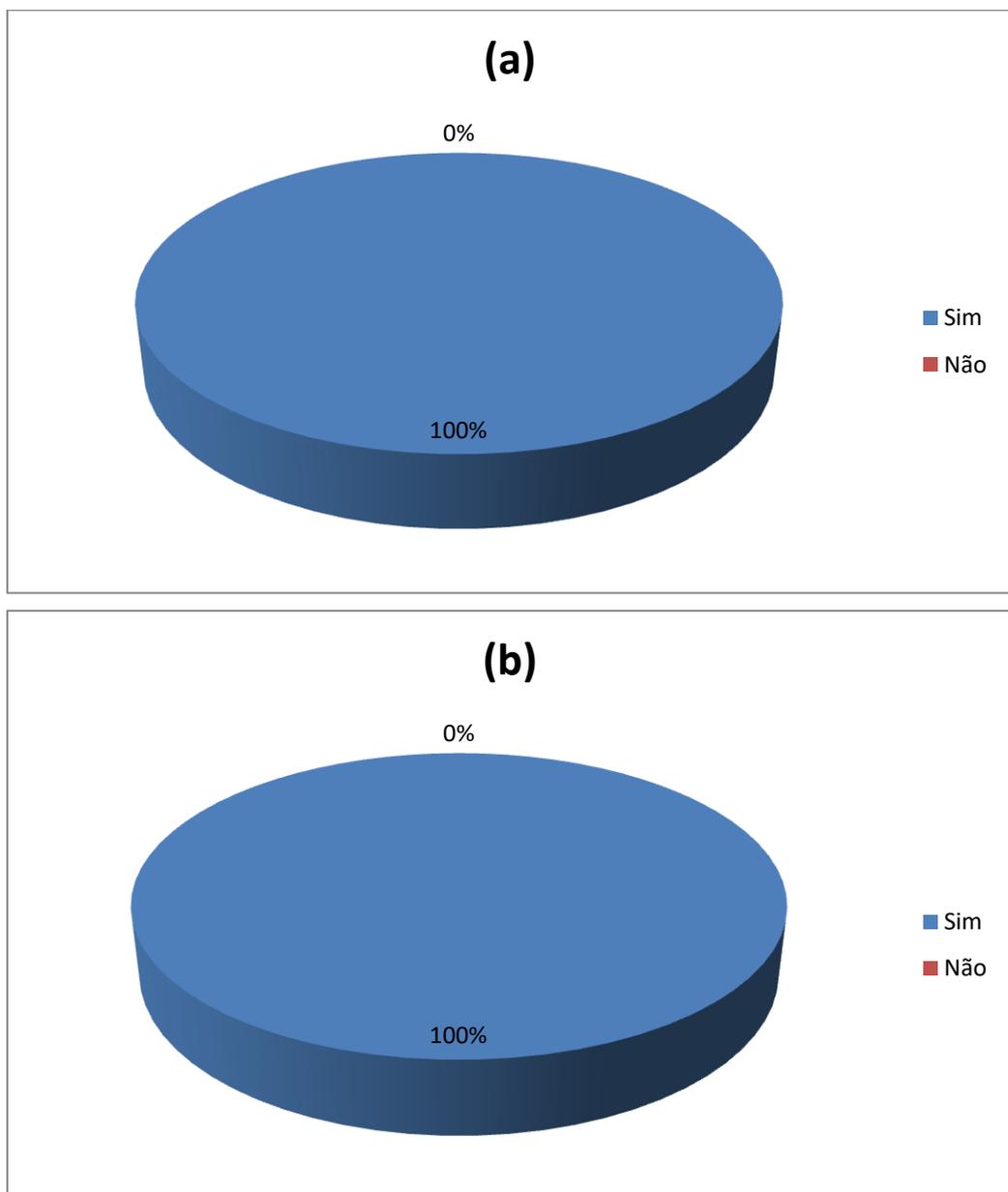
Fonte: Elaborada pelo autor.

A nona questão teve como objetivo identificar se os professores acreditam que a criação ou reformulação de algumas disciplinas na grade curricular onde os projetos seriam realizados de forma colaborativa, integrada e simultânea entre as diversas áreas da arquitetura e engenharia civil seria uma boa alternativa para o ensino de BIM. Como resultados nas Instituições A e B todos concordam que seria uma boa alternativa (Figuras 13a e 13b).

Figura 13: Criação ou reformulação de disciplinas como boa alternativa para ensinar BIM

(a) Instituição A

(b) Instituição B



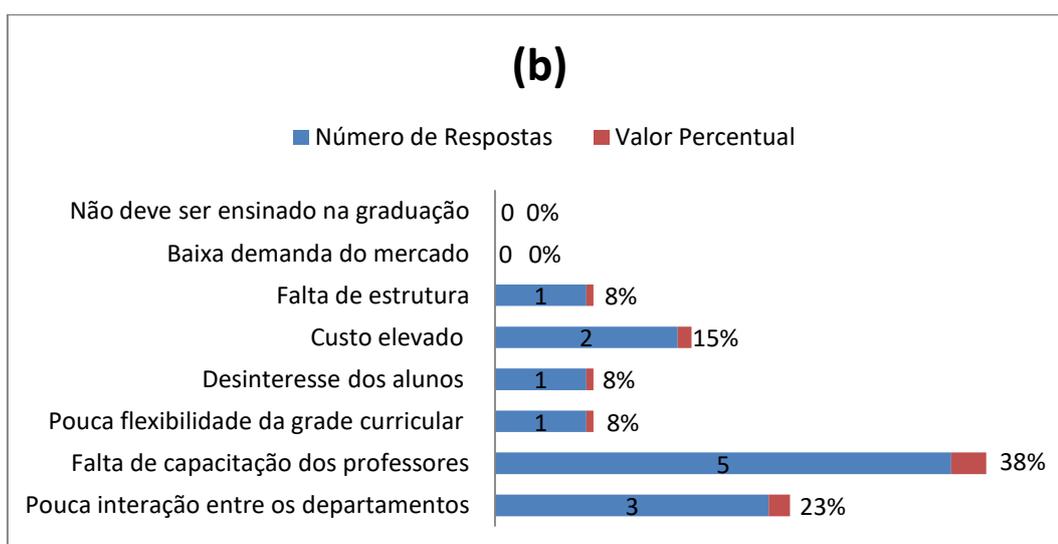
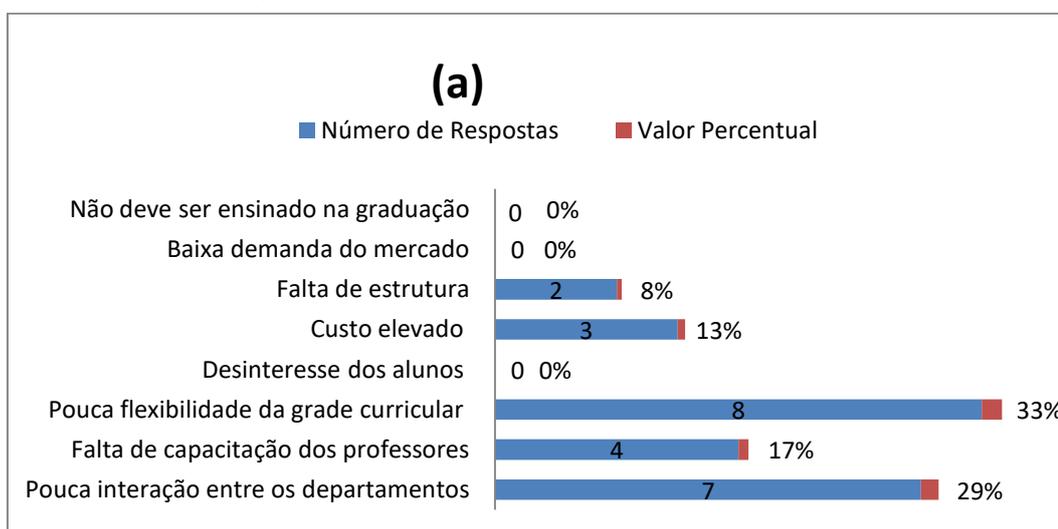
Fonte: Elaborada pelo autor.

A décima questão teve como objetivo identificar as principais barreiras que na opinião dos professores dificultam a implementação do ensino de BIM no curso de graduação de cada Instituição (Figuras 14a e 14b). O respondente pôde selecionar mais de uma alternativa, neste caso, o número total de respostas é diferente do número total das amostras. Na Instituição A os docentes selecionaram como principais barreiras para implementação a pouca flexibilidade da grade curricular e a pouca interação entre os departamentos. Já na Instituição B os docentes selecionaram a falta de capacitação dos professores e a pouca interação entre os departamentos.

Figura 14: Principais barreiras indicadas pelos docentes

(a) Instituição A

(b) Instituição B



Fonte: Elaborada pelo autor.

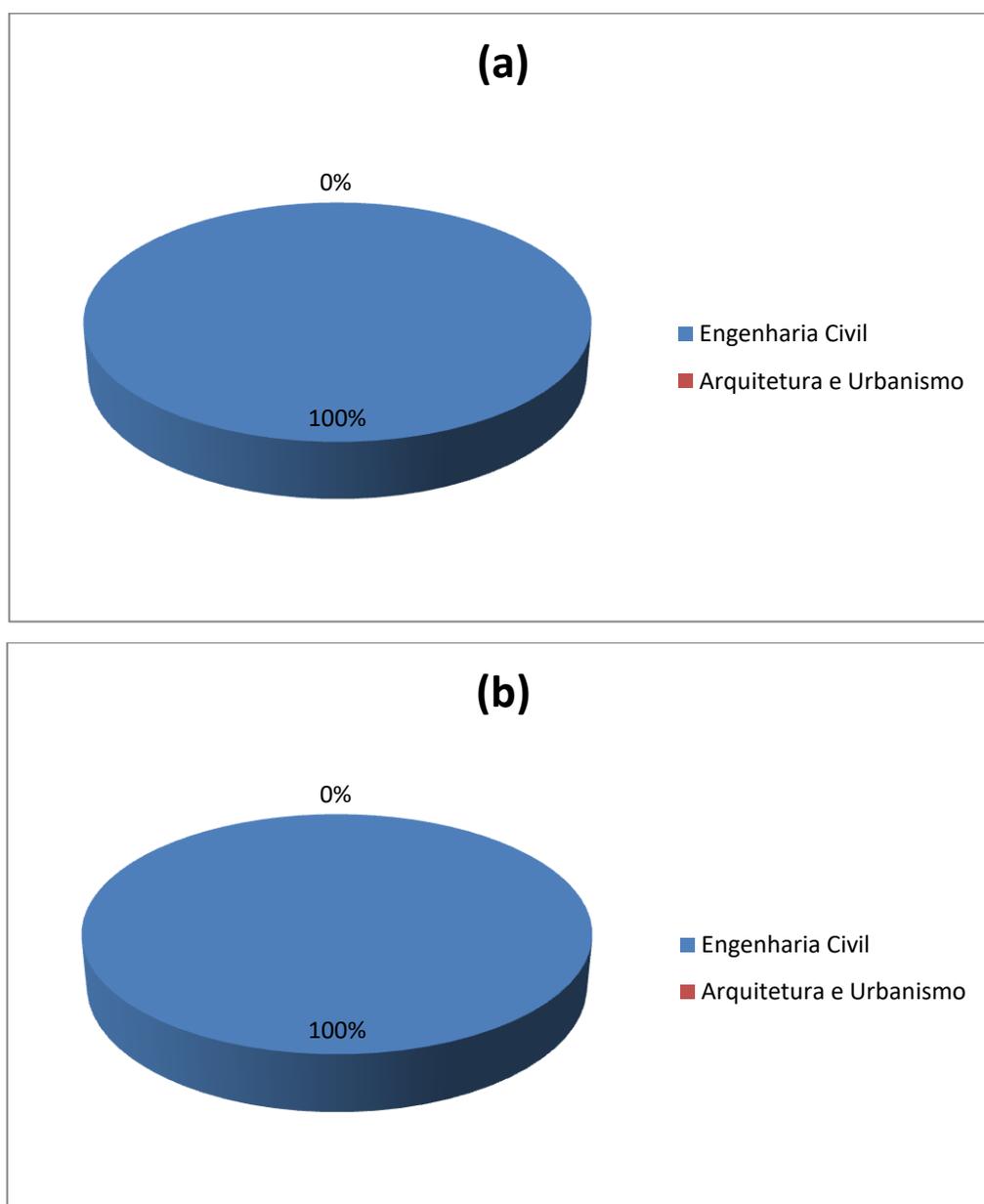
3.2.2 Resultados obtidos e análises dos dados dos discentes

A primeira questão teve como objetivo identificar o curso dos respondentes. Como resultados nas Instituições A e B todos discentes estavam matriculados no Curso de Engenharia Civil (Figuras 15a e 15b).

Figura 15: Curso em que os alunos estão matriculados

(a) Instituição A

(b) Instituição B



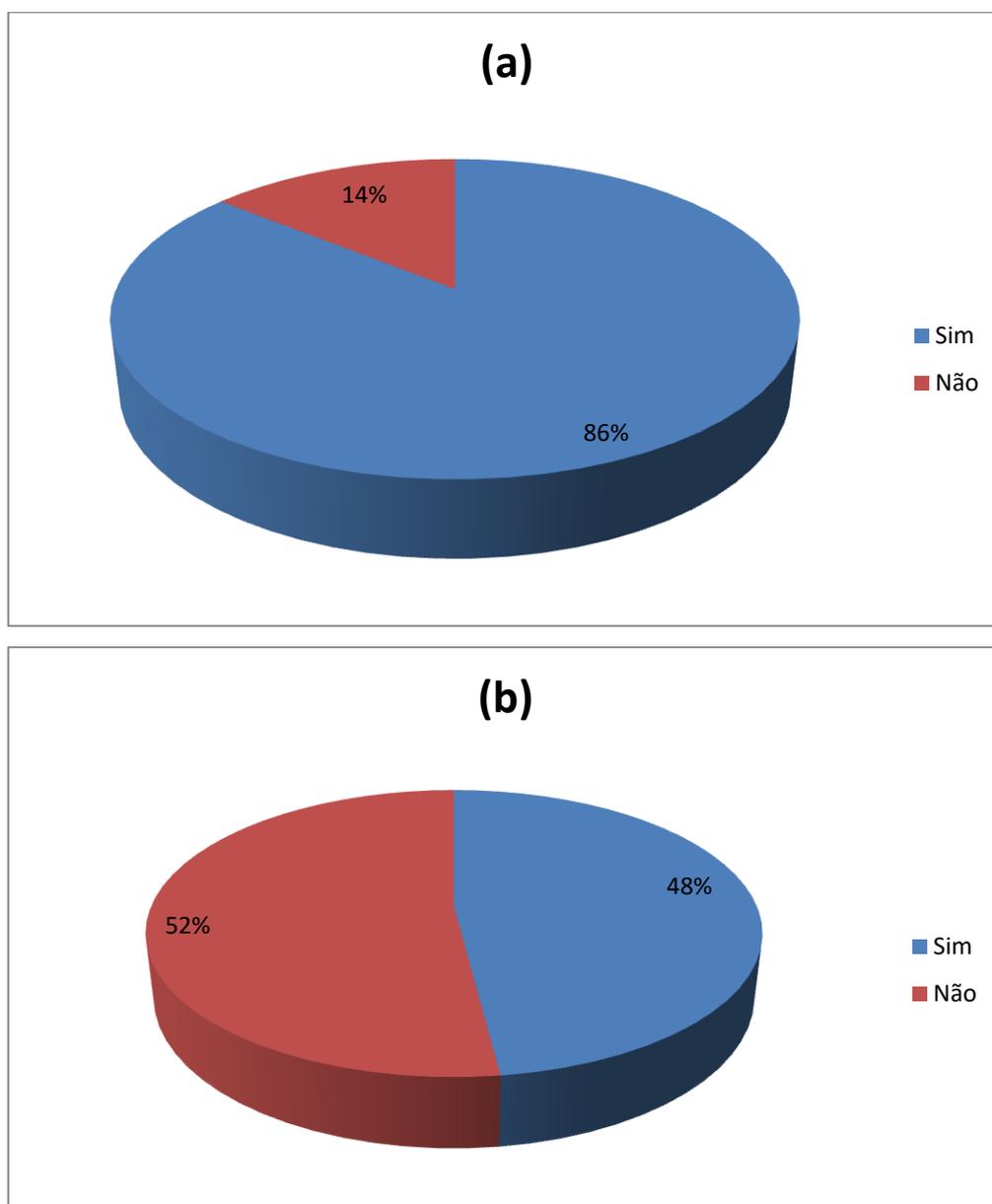
Fonte: Elaborada pelo autor.

A segunda questão teve como objetivo identificar se os discentes conhecem ou já ouviram falar sobre BIM. Como resultado, na Instituição A 86% dos alunos indicaram conhecer ou já terem ouvido falar sobre BIM (Figura 16a), já na Instituição B apenas 48% dos alunos conhecem ou ouviram falar sobre BIM (Figura 16b).

Figura 16: Discentes que conhecem ou já ouviram falar sobre BIM

(a) Instituição A

(b) Instituição B



Fonte: Elaborada pelo autor.

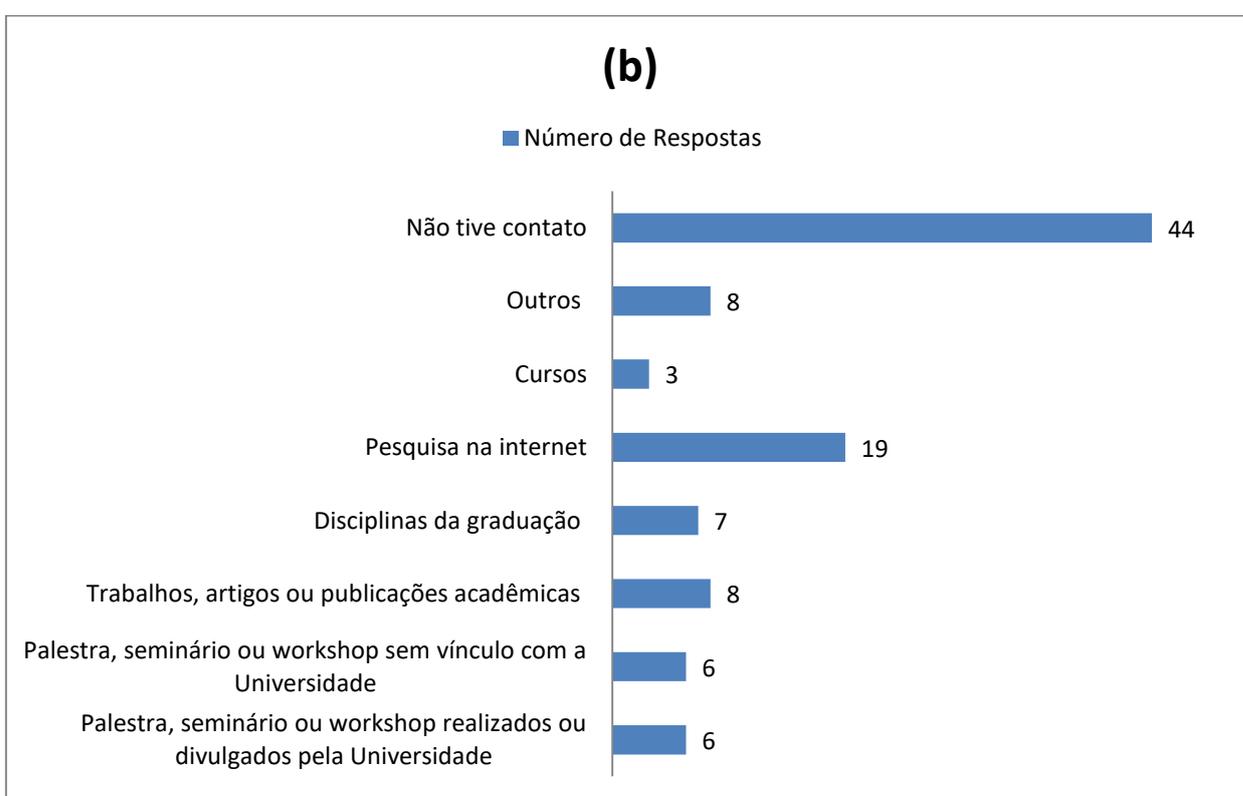
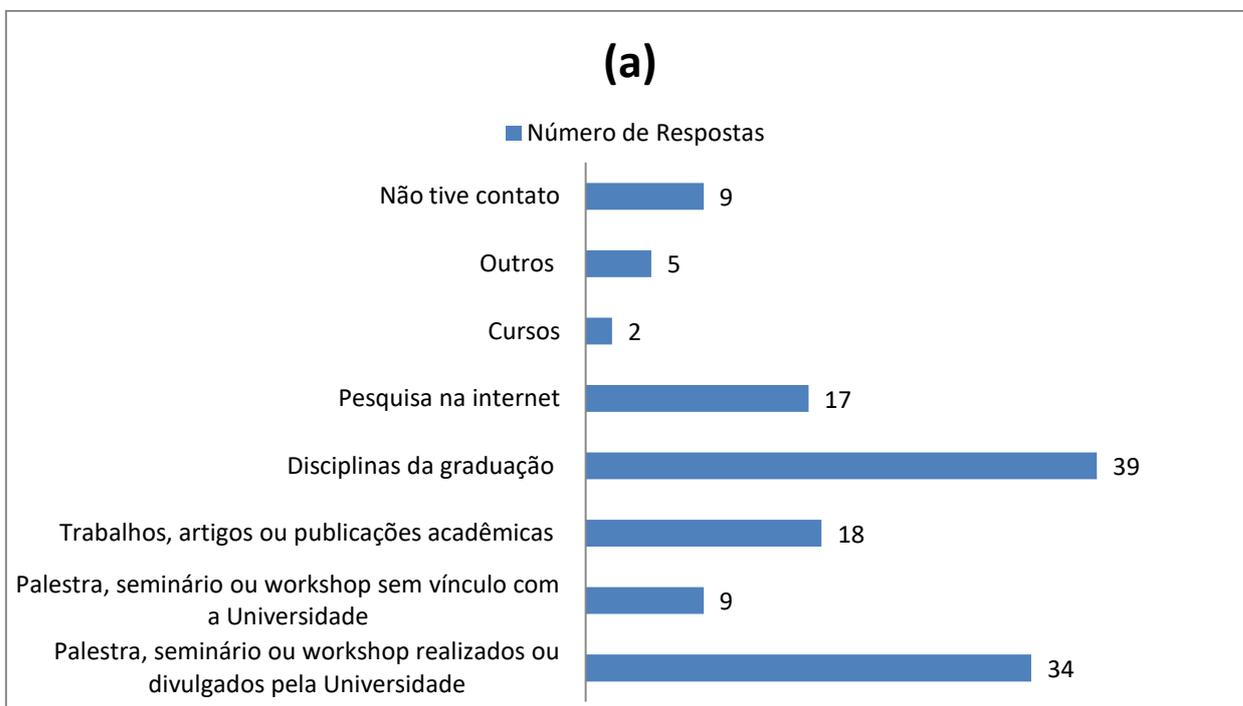
A terceira questão teve como objetivo identificar em quais meios os alunos tiveram contato com o BIM. O respondente pôde selecionar mais de uma alternativa, neste caso, o número total de respostas não é necessariamente igual ao número total das amostras. Na Instituição A (Figura 17a) 39 alunos, o que corresponde a aproximadamente 61% do total de respondentes indicaram que tiveram contato com BIM em disciplinas da graduação, apenas 9 alunos, o que corresponde a aproximadamente 14% do total de respondentes, indicaram que não tiveram contato com BIM. Já na Instituição B (Figura 17b), 44 alunos, o que corresponde a aproximadamente 59% do total de respondentes indicaram que não tiveram contato com BIM, apenas 7 alunos, o que corresponde a aproximadamente 9% do total de respondentes, indicaram que tiveram contato com BIM em disciplinas da graduação.

Ainda na terceira questão foi perguntado em quais disciplinas da graduação os discentes tiveram o contato com BIM. Os alunos da Instituição A citaram as disciplinas Desenho Auxiliado por Computador, Introdução à Engenharia Civil, Noções de Arquitetura e Urbanismo, Desenho Projetivo para Engenharia e Gestão de Projetos, as disciplinas estão vinculadas à grade curricular do curso de Engenharia Civil da Instituição sendo distribuídas no 1º, 2º, 5º, 9º e 10º períodos. Já na Instituição B os alunos citaram a disciplina Desenho Técnico, Projeto Aplicado, Tecnologia da Construção, Materiais de Construção e Planejamento e Orçamento, as disciplinas estão vinculadas à grade curricular do curso de Engenharia Civil da Instituição sendo distribuídas no 6º, 7º, 8º e 9º períodos.

Figura 17: Meios em que os alunos tiveram contato com o BIM

(a) Instituição A

(b) Instituição B



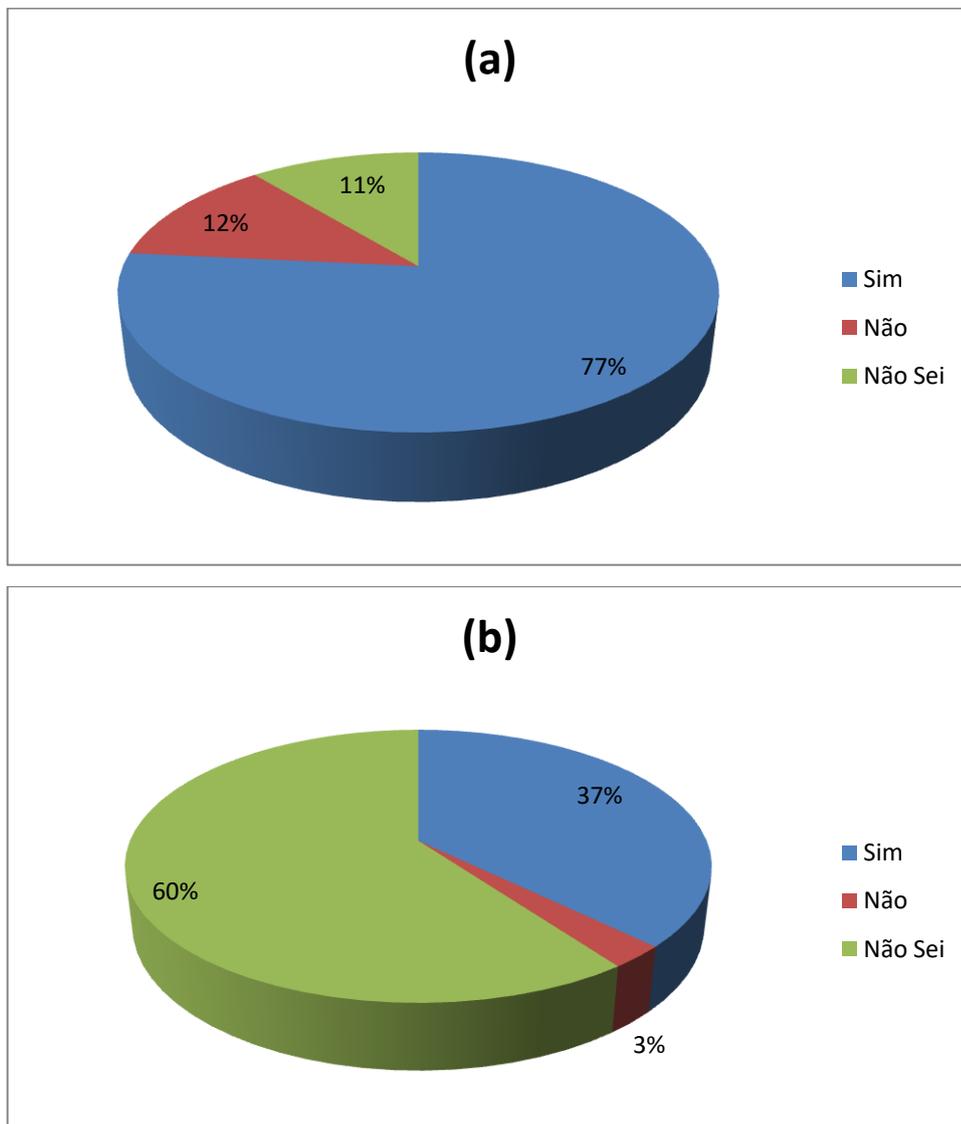
Fonte: Elaborada pelo autor.

A quarta questão teve como objetivo identificar a percepção dos alunos quanto ao BIM ser utilizado para modelar todo o ciclo de vida de um empreendimento. Como resultado, na Instituição A (Figura 18a), 77% dos alunos assinalaram que o BIM consiste em modelar todo o ciclo de vida de um empreendimento. Já na Instituição B (Figura 18b), apenas 37% dos alunos assinalaram que o BIM consiste em modelar todo o ciclo de vida de um empreendimento.

Figura 18: Percepção quanto ao BIM ser utilizado em todo o ciclo de vida de um empreendimento

(a) Instituição A

(b) Instituição B



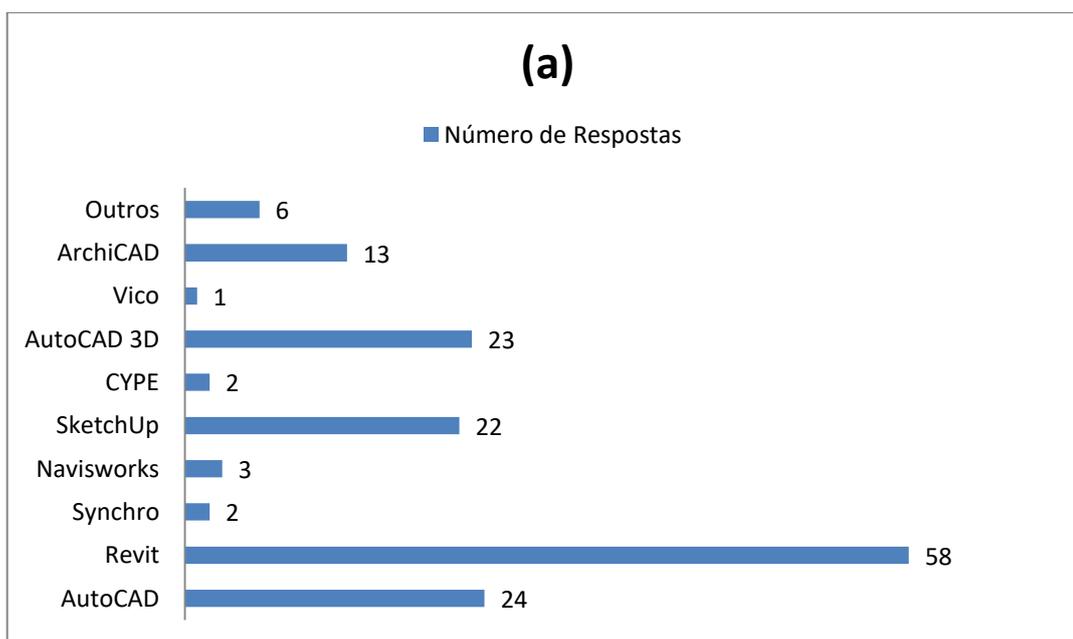
Fonte: Elaborada pelo autor.

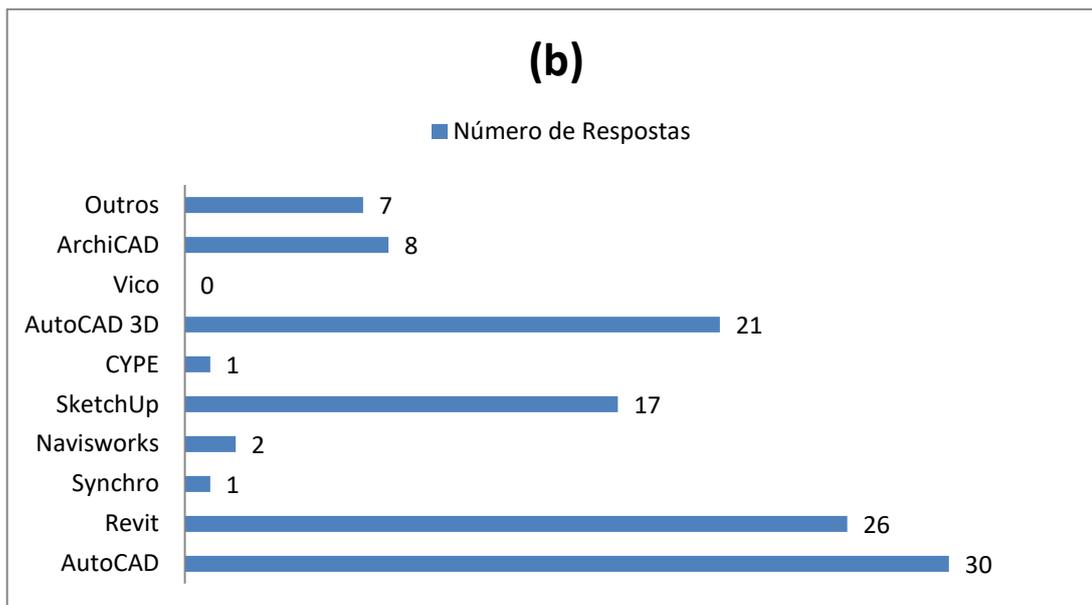
A quinta questão teve como objetivo identificar quais *softwares* os discentes consideram como ferramentas BIM. O respondente pôde selecionar mais de uma alternativa, neste caso, o número total de respostas não é igual ao número total das amostras. Na Instituição A (Figura 19a) os *softwares* que oferecem ferramentas para a utilização do BIM (ArchiCAD, Vico, CYPE, Navisworks, Synchro e Revit) foram selecionados 79 vezes, sendo que o Revit foi selecionado por 58 alunos. Apesar disso os alunos selecionaram programas que não são considerados BIM (AutoCAD 3D, SketchUP, AutoCAD) 69 vezes. Já na Instituição B (Figura 19b) os *softwares* ArchiCAD, Vico, CYPE, Navisworks, Synchro e Revit foram selecionados apenas 38 vezes sendo que o Revit foi selecionado por 26 alunos. Os alunos selecionaram os *softwares* AutoCAD 3D, SketchUP, AutoCAD 68 vezes.

Figura 19: Softwares considerados pelos alunos uma ferramenta BIM

(a) Instituição A

(b) Instituição B





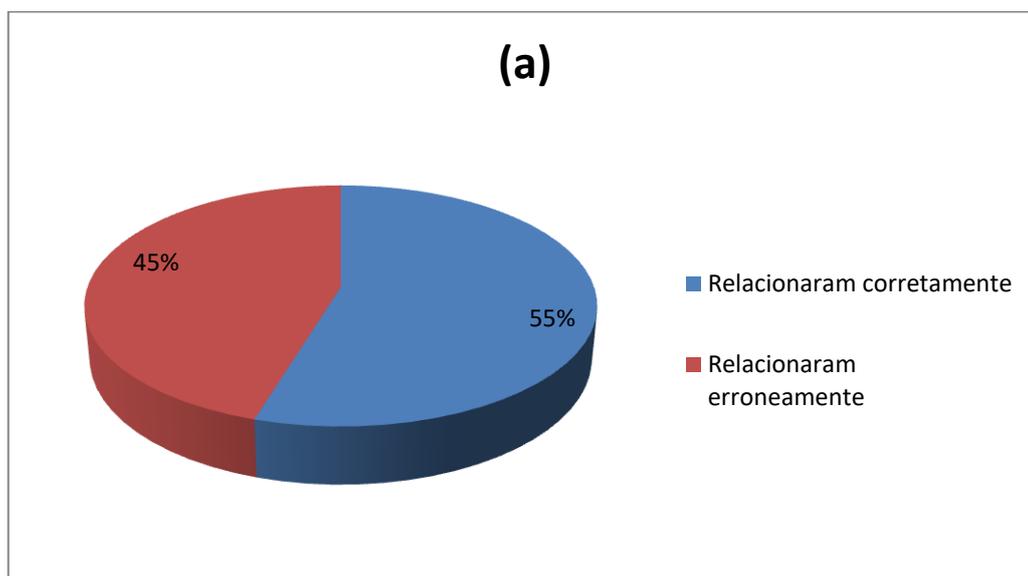
Fonte: Elaborada pelo autor.

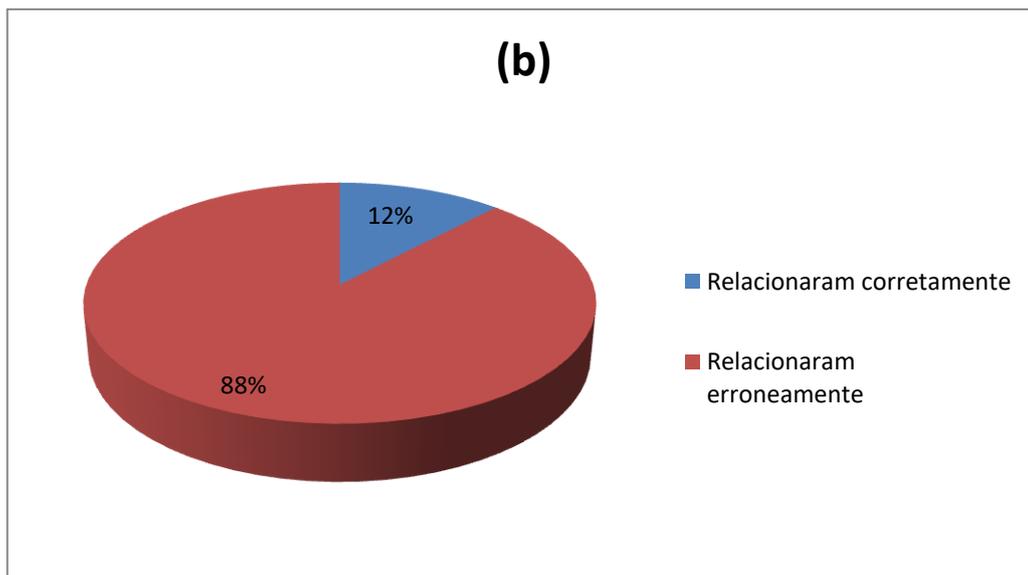
A sexta questão teve como objetivo identificar o conhecimento dos alunos quanto às características multidimensionais do BIM, através da relação das linhas com as colunas. Como resultado, na Instituição A (Figura 20a), 55% dos alunos fizeram a relação corretamente, já na Instituição B (Figura 20b), apenas 12% dos alunos dos alunos fizeram a relação corretamente.

Figura 20: Resultado das relações das características multidimensionais do BIM

(a) Instituição A

(b) Instituição B





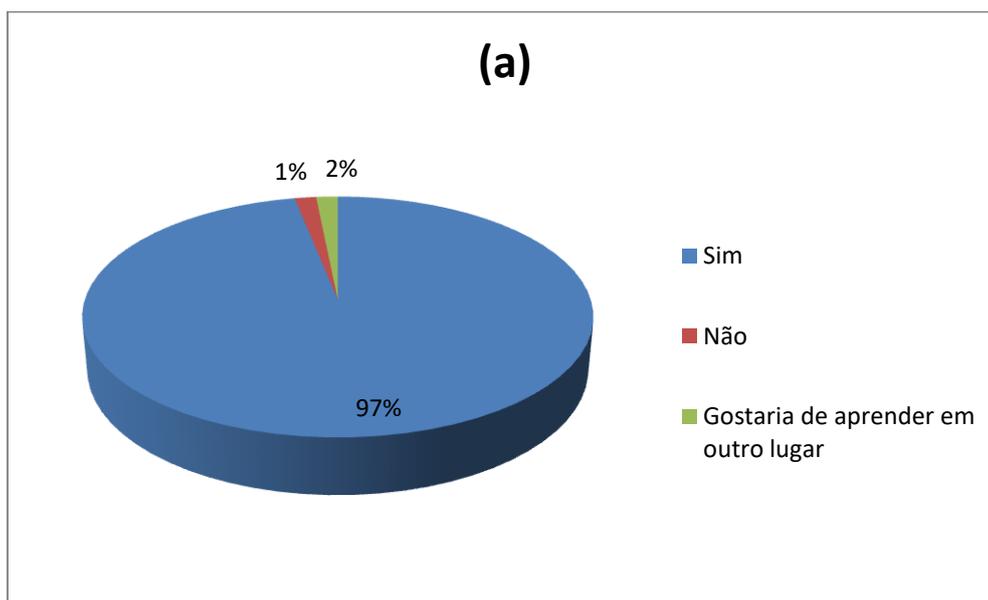
Fonte: Elaborada pelo autor.

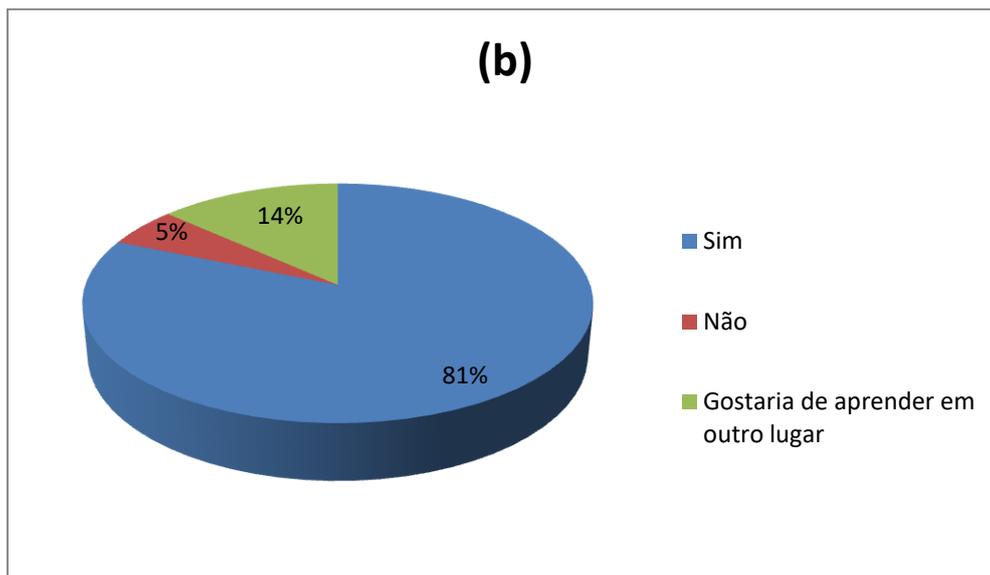
A sétima questão teve como objetivo verificar o interesse dos discentes em aprender BIM em disciplinas da graduação. Como resultado, na Instituição A, 97% dos alunos possuem interesse em aprender sobre BIM na graduação, já na Instituição B, 81% dos alunos possuem esse interesse (Figuras 21a e 21b, respectivamente).

Figura 21: Interesse dos discentes em aprender BIM através de disciplinas da graduação

(a) Instituição A

(b) Instituição B





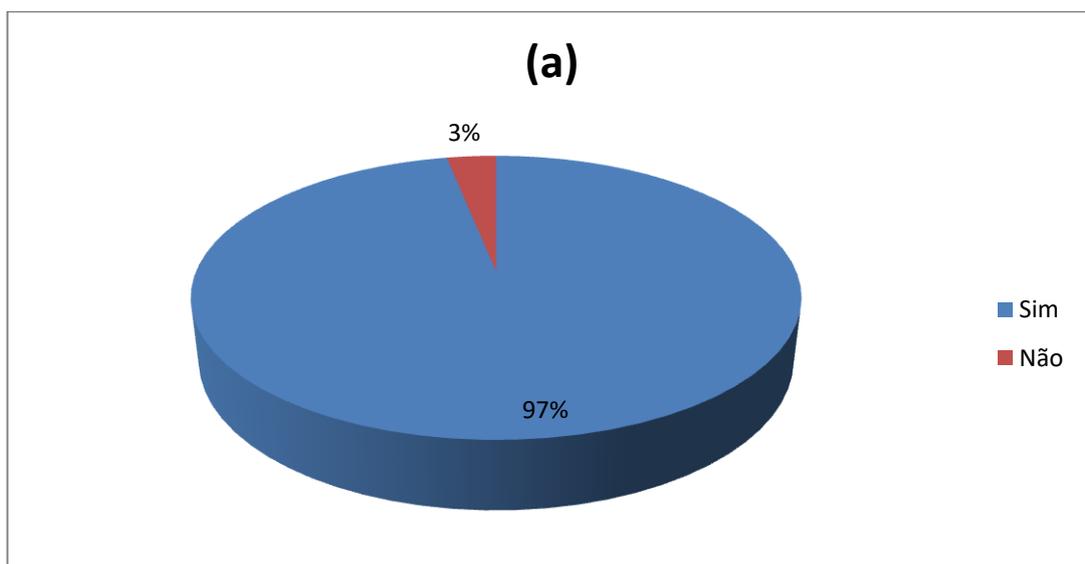
Fonte: Elaborada pelo autor.

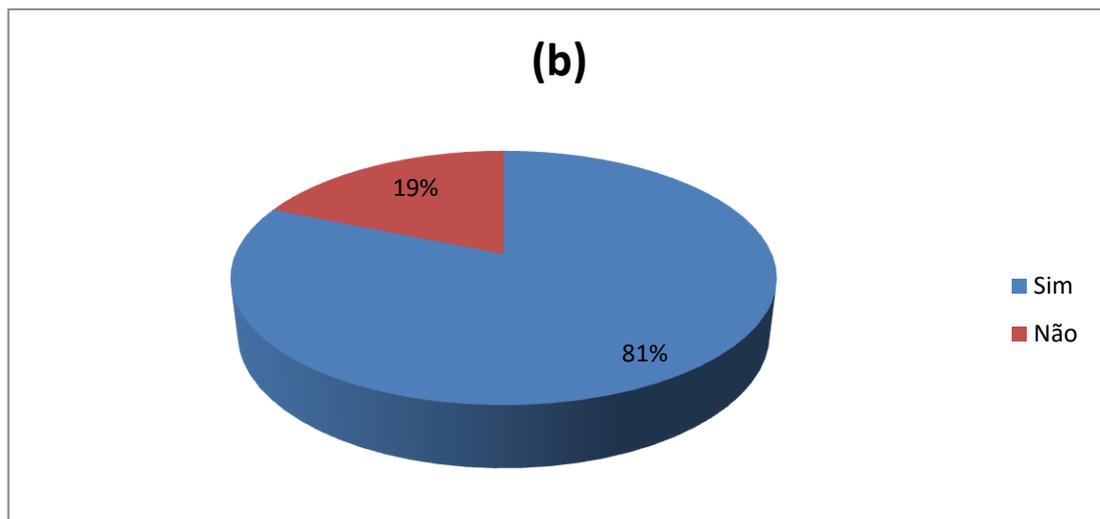
A oitava questão teve como objetivo verificar o interesse dos alunos em aprender BIM em disciplinas da graduação que integrariam de forma colaborativa diversas áreas da arquitetura e engenharia. Como resultado, na Instituição A, 97% dos alunos possuem interesse em realizar os trabalhos de forma colaborativa com outras áreas de conhecimento, já na Instituição B, 81% dos alunos possuem esse interesse (Figuras 22a e 22b, respectivamente).

Figura 22: Interesse dos discentes em aprender BIM pela colaboração entre diversas áreas

(a) Instituição A

(b) Instituição B





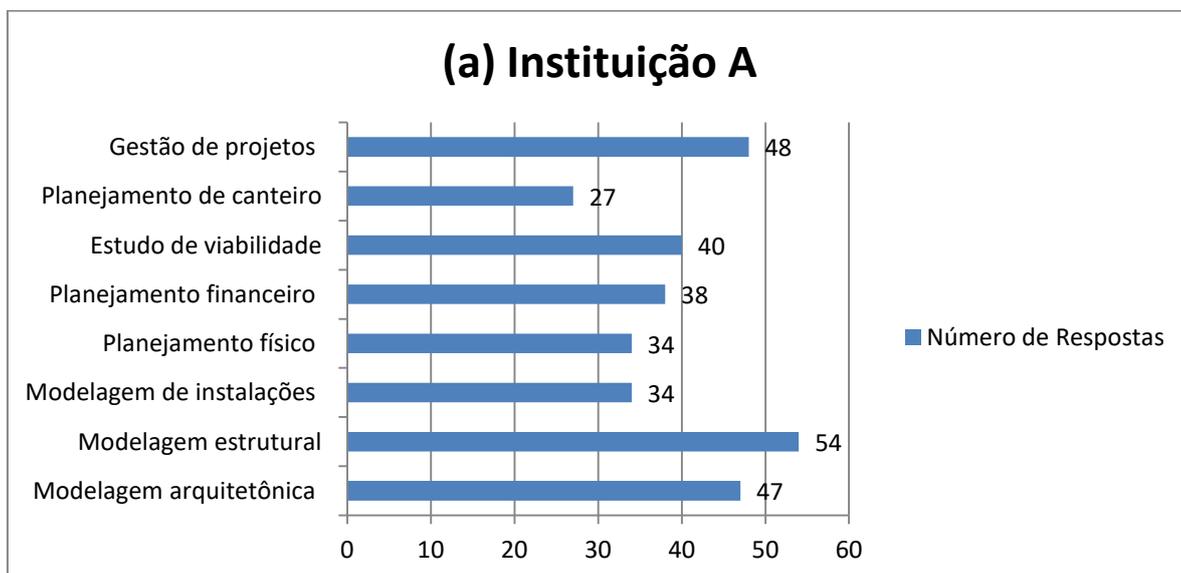
Fonte: Elaborada pelo autor.

A nona questão teve como objetivo identificar em quais áreas os discentes gostariam de aprender mais sobre BIM. O respondente pôde selecionar mais de uma alternativa, neste caso, o número total de respostas não é igual ao número total das amostras. Na Instituição A (Figura 23a) os alunos selecionaram Modelagem Estrutural 54 vezes e Gestão de Projetos 48 vezes. Já na Instituição B (Figura 23b) a Modelagem Estrutural e Gestão de Projetos também tiveram o maior número de seleção pelos alunos cada área foi selecionada 41 e 34 vezes, respectivamente.

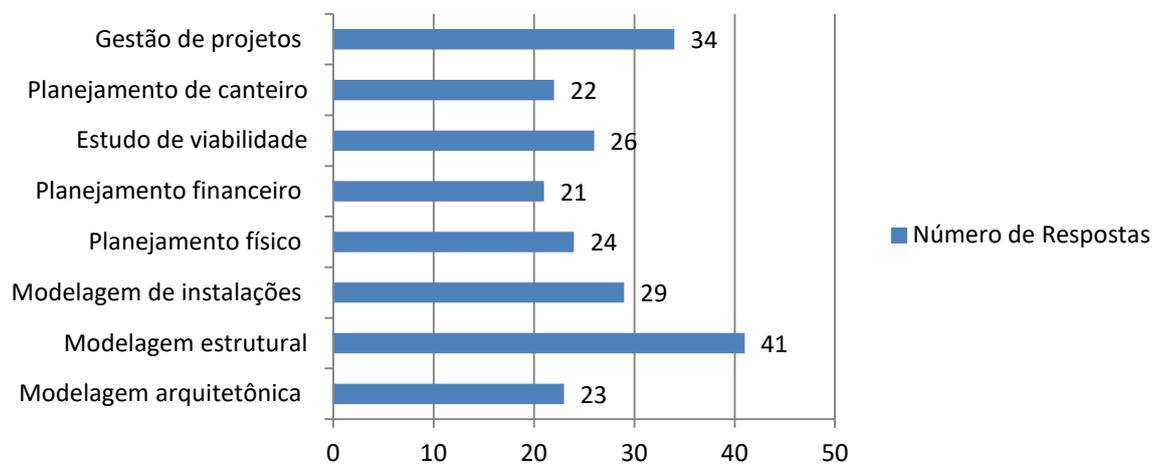
Figura 23: Área em que os discentes possuem interesse em aprender BIM

(a) Instituição A

(b) Instituição B



(b) Instituição B



Fonte: Elaborada pelo autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das análises dos resultados pode-se observar que o ensino de BIM no meio acadêmico de Belo Horizonte ainda se encontra em fase inicial. Nas duas Instituições observadas o ensino de BIM está sendo realizado por poucos docentes através da leituras de artigos e publicações, trabalhos acadêmicos e em uma delas através de uma disciplina da graduação abordando conceitos e fundamentos BIM como também técnicas básicas de modelagem. A partir disso pode-se considerar que as Instituições estão começando a implementar o ensino no NP BIM Introdutório.

Pode-se reparar que na Instituição onde já se ensina sobre BIM através de disciplina da graduação ocorreu uma melhora na assimilação e acertos por parte dos discentes em relação aos conceitos e práticas BIM, mostrando a importância do ensino do BIM ainda na graduação.

Por meio da pesquisa foi possível identificar as barreiras enfrentadas pelas Instituições para implementarem o ensino de BIM em suas grades curriculares, sendo as principais: (a) pouca flexibilidade da grade curricular; (b) falta de capacitação dos professores e (c) pouca interação entre os departamentos. Para suprir a deficiência no ensino de BIM as Instituições podem adotar para algumas iniciativas como:

- aumentar a discussão sobre BIM dentro do ambiente acadêmico, através de palestras, seminários e reuniões, aproximando os departamentos para discutirem estratégias para implementação do ensino de BIM. Seria interessante a participação de profissionais mais experientes no assunto como também a contribuição de empresas da Indústria da AEC;
- deve-se buscar treinamentos em conceitos e *softwares* BIM para docentes das Instituições, tornando possível o ensino para os discentes;

- as Instituições devem buscar parcerias com empresas de *software* e *hardware*, para buscarem soluções para a implantação de novos equipamentos e ferramentas cenário particular de cada Instituição;
- as Instituições devem ainda buscar aproximação com empresas da Indústria da AEC a fim de alinharem as necessidades de ensino condizentes com o que o mercado procura em um profissional, buscando soluções para problemas reais vividos por essas empresas, melhorando assim a Indústria da AEC como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. L. V.; RUSCHEL, R. C. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 76-111, nov. 2009.

BARISON, M. B. **Introdução de Modelagem da Informação da Construção (BIM) no currículo: uma contribuição para a formação do projetista**. 2015. 390 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. **Percepções de professores quanto à introdução de BIM no currículo**. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015. p. 1-12.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. A tool for assisting teachers in planning BIM courses. **COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING**, Reston, p. 2159-2166, jun. 2014.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. **Percepções de professores quanto à introdução de BIM no currículo**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. Anais... Maceió: ENTAC, 2014. p. 1-10.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Ensino de BIM: tendências atuais no cenário internacional. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 2, p. 67- 80, dez. 2011.

CHECCUCCI, E. S.; AMORIM, A. L. **Tecnologias computacionais de auxílio ao projeto de edificações: potencialidades versus**

dificuldades de implantação. In: CONVENCION CIENTIFICA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA, 14., 2008, Havana. Congreso, Havana: SIGraDi, 2008. p. 1-4.

CHECCUCCI, E. S.; PEREIRA, A. C.; AMORIM, A. L. **Colaboração e interoperabilidade no contexto da modelagem da informação da construção (BIM).** In: CONGRESO SIGRADI, 15., 2011, Santa Fé. Anais, Santa Fé: SIGraDi, 2011. p. 482-485.

CHECCUCCI, E. S.; AMORIM, A. L. **Identificando interfaces entre BIM e a matriz curricular de cursos de engenharia civil.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3.; ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 6., 2013, Campinas. Anais ... Porto Alegre: ANTAC, 2013. p. 1778-1789.

CHECCUCCI, E. S.; AMORIM, A. L. Método para análise de componentes curriculares: identificando interfaces entre um curso de graduação e BIM. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas**, v. 5, n. 1, p. 6-17, jan./jun. 2014.

CHECCUCCI, E. S. **Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em Arquitetura e Engenharia Civil.** In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, 3., 2014, São Paulo. Arquitetura, cidade e projeto: uma construção coletiva, São Paulo: ENANPARQ, 2014. p. 1-13.

CHECCUCI, E. S. **Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em engenharia civil e o papel da expressão gráfica neste contexto.** 2014. 235 f. Tese (Doutorado Multi-institucional e Multidisciplinar em Difusão do Conhecimento) – Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2014.

DELATORRE, J. P. M.; SANTOS, E. T. **Introdução de novas tecnologias: o caso do BIM em empresas de construção civil.** In:

ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. Anais... Maceió: ENTAC, 2014. p. 2842-2851.

EADIE R., BROWNE M., PDEYINKA H., MCKEOWN C., MCNIFF S. BIM Implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. **Automation in Construction**, United Kingdom, v. 36, p. 145-151, set. 2013.

EASTMAN, Chuck *et al.* **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Porto Alegre: Bookman. 2014.

KYMMELL, W. **Building information modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations.** New York: Mc Graw Hill, 2008.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. NIBS buildingSMART alliance. **National building information modeling standard – United States. Version 3 – Part 3: Terms and Definitions.** Washington, 2015. 38 p.

SANTOS, E. T.; FERREIRA, S. L.; CORRÊA, F. R.; LEITE, B. C. C.; BARISON, M. B. **Relato de experiência de ensino de BIM em disciplina introdutória de curso de Engenharia Civil.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016. p. 5003-5015.

SANTOS, E. T. **BIM - building information modeling: um salto para a modernidade na tecnologia da informação aplicada à construção civil.** In: CRIAÇÃO, REPRESENTAÇÃO E VISUALIZAÇÃO DIGITAIS: TECNOLOGIAS DIGITAIS DE CRIAÇÃO, REPRESENTAÇÃO E VISUALIZAÇÃO NO PROCESSO DE PROJETO, Brasília, 2012.

SILVA, T. F.; MATIAS, K. C.; MELHADO, S. **Projetos industriais – barreiras para a implementação da modelagem da informação da construção.** In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015. p. 1-12.

SOUZA, L. L. A.; AMORIM, S. R. L.; LYRIO, A. M. Impactos do Uso do BIM em Escritórios de Arquitetura: Oportunidades no Mercado Imobiliário. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 26-53, nov. 2009.

SUCCAR, B. **Building Information Modelling Framework: a Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders.** *Automation in Construction*, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.

APÊNDICE A – Questionários disponibilizados para os docentes

1- Você é professor de qual curso de graduação?

- Arquitetura e Urbanismo
- Engenharia Civil
- Nos dois Cursos

2- Você leciona em quais períodos do curso?

- 1º
- 2º ou 3º
- 4º ou 5º
- 6º ou 7º
- 8º ou 9º
- 10º

Quais matérias você leciona?

3- Você conhece ou já ouviu falar sobre BIM?

- Sim
- Não

4- Acredita que na área em que você leciona possam ser ensinados conceitos e práticas BIM?

- Sim
- Não
- Não conheço sobre BIM

5- Você acredita que os conceitos e práticas BIM devem ser ensinados no curso de graduação?

Sim

Não

Se não, onde acha que devem ser ensinados?

6- Existe iniciativa/projeto para implantação de alguma disciplina no curso voltada para utilização do BIM?

Sim

Não

Não sei

Se sim, qual iniciativa/projeto está sendo implantada?

7- De quais formas você ensina para os alunos conceitos e práticas BIM?

Na própria disciplina em que leciono

Através de leituras de artigos e publicações

Através de palestras, seminário ou workshop

Através de trabalhos acadêmicos

Não ensino sobre BIM

Outras

Quais outras formas você utiliza para ensinar sobre BIM?

8- Já utilizou algum software BIM em sala de aula para ensinar práticas BIM?

Sim

Não

Se sim, qual software utilizou?

9- Você acredita que a criação de uma disciplina onde os projetos seriam feitos de forma colaborativa, integrada e simultânea entre as diversas áreas da arquitetura e engenharia seria uma boa alternativa para o ensino de BIM?

Sim

Não

Se não, sugerira outra alternativa para o ensino de BIM.

10- Na sua opinião quais são as principais barreiras que dificultam a implantação do BIM no curso de graduação da Universidade?

Pouca integração entre os departamentos

Falta de capacitação dos professores

Pouca flexibilidade da grade curricular

Desinteresse dos alunos

Custo elevado

Falta de estrutura

Baixa demanda do mercado

Não deve ser ensinado na graduação

APÊNDICE B – Questionários disponibilizados para os discentes

1- Qual o curso você está fazendo?

- Arquitetura e Urbanismo
- Engenharia Civil

2- Você conhece ou já ouviu falar sobre BIM?

- Sim
- Não

3- Em quais meios você teve contato com o BIM?

- Palestra, seminário ou workshop realizados ou divulgados pela Universidade
- Palestra, seminário ou workshop sem vínculo com a Universidade
- Trabalhos, artigos ou publicações acadêmicas
- Disciplinas da Graduação
- Pesquisa na Internet
- Cursos
- Outros
- Não tive contato

Em quais disciplinas da graduação você teve esse contato com BIM?

Quais cursos você fez relacionados com BIM?

4- Você acha que o BIM consiste em modelar e gerenciar todo o ciclo de vida de um empreendimento? *

- Sim
- Não
- Não sei

5- Selecione os softwares que são considerados por você uma ferramenta BIM.

- AutoCAD
- Revit
- Synchro
- Navisworks
- SketchUp
- CYPE
- AutoCAD 3D
- Vico
- ArchiCAD
- Outros

Quais outros softwares BIM você conhece?

6- Com base em seus conhecimentos em BIM relacione as linhas com as colunas correspondentes.

	BIM 3D	BIM 4D	BIM 5D	BIM 6D
Protótipo virtual parametrizado + planejamento físico				
Protótipo virtual parametrizado + planejamento físico + planejamento financeiro + Operação e manutenção				
Protótipo virtual parametrizado				
Protótipo virtual parametrizado + planejamento físico + planejamento financeiro				

7- Você tem interesse em aprender ou aprofundar seus conhecimentos em BIM através de disciplinas do curso de graduação?

- Sim
- Não
- Gostaria de aprender em outro lugar

Onde gostaria de aprender?

8- Você gostaria de aprender BIM através de uma disciplina onde os projetos seriam feitos de forma colaborativa, integrada e simultânea entre as diversas áreas da arquitetura e engenharia?

- Sim
- Não

9- Em quais áreas você gostaria de aprender mais sobre BIM?

- Modelagem arquitetônica
- Modelagem estrutural
- Modelagem de instalações
- Planejamento físico
- Planejamento financeiro
- Estudo de viabilidade
- Planejamento de canteiro
- Gestão de projetos