Aprendizagem significativa em BIM no curso de Arquitetura e Urbanismo

Meaningful learning in BIM in the Architecture and Urbanism course

Giovanna Tomczinski Novellini Brígitte
Centro Universitário Facens| Sorocaba | Brasil | giovanna.novellini@facens.br

Resumo
O ensino de BIM deve associar-se à formação das habilidades e competências do egresso. Neste sentido, este artigo defende que os métodos de ensino-aprendizagem podem ser potencializados através de BIM, não apenas no desenvolvimento e avaliação de competências que expressam habilidades e conhecimentos técnicos, mas também, às competências intrapessoais e interpessoais que definem o saber-agir e torna-o capaz de mobilizar um conjunto integrado de recursos em prol da melhor solução mediada por BIM. Metodologicamente fundamenta-se no método exploratório com discussão teórica aliada à prática pedagógica, terminando com uma reflexão sobre o impacto da introdução deste tipo de integração e colaboração na formação em Arquitetura e Urbanismo.

Palavras-chave: Ensino BIM. Projeto Integrado e Colaborativo. Aprendizagem Significativa.

Abstract
The teaching of BIM must be associated with the formation of skills and competences of the graduate. In this sense, this article argues that teaching-learning methods can be leveraged through BIM, not only in the development and assessment of skills that express skills and technical knowledge, but also the intrapersonal and interpersonal skills that define the know-how-to-act and makes it capable of mobilizing an integrated set of resources towards the best BIM-mediated solution. Methodologically, it is based on the exploratory method with theoretical discussion combined with pedagogical practice, ending with a reflection on the impact of introducing this type of integration and collaboration in training in Architecture and Urbanism.

Keywords: BIM Teaching. Integrated and Collaborative Design. Meaningful Learning.

INTRODUÇÃO

A sólida formação generalista é imprescindível ao arquiteto e urbanista para que sejam contemplados os diferentes campos de atuação propostos pela Lei no 12.378/2010 [1]. Entretanto, desde as origens do ensino em Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), enfrentamos desafios para articular uma quantidade significativa de conhecimentos que se complementam.

Como citar:
BRÍGITTE, G. T. N. . Aprendizagem significativa em BIM no curso de Arquitetura e Urbanismo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/632. Acesso em: 3 ago. 2021.. p. 1-11.

A compartimentação do conhecimento e especialidades é comum na formação de profissionais do setor AECO devido à forma como as competências e as habilidades são distribuídas, não apenas entre as componentes curriculares, mas na própria evolução das matrizes. O formato de estruturação compartimentada além de reforçar o modelo tradicional do processo de projeto pode fragmentar e dificultar a percepção e relação de integração durante a formação do egresso.

Nesse sentido, conceitos como interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade são importantes e podem ser adotados como estratégias de formação. Segundo Morin [2], a interdisciplinaridade é uma troca ou cooperação entra disciplinas, permitindo algumas relações entre elas, constituindo-se como formas de "*articulação do saber*", enquanto a transdisciplinaridade é a "*união de diferentes disciplinas em um conjunto coerente*" permitindo a conexão de conhecimentos por vezes separados.

À vista disso, a última revisão (2010) das diretrizes curriculares nacionais do curso de Arquitetura e Urbanismo [1] em seu artigo 3º, requer que nos Projetos Políticos Pedagógicos dos cursos sejam incluídas formas de realização da interdisciplinaridade, modos de integração entre teoria e prática, bem como formas de avaliação do ensino e da aprendizagem.

Frente ao cenário exposto, a aplicação de Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL) associada às estratégias de implementação da Modelagem de Informação na Construção (BIM) são consideradas inovações comuns ao ensino de Engenharias e Arquitetura e Urbanismo seja em nível tecnológico, graduação ou pós-graduação [3][4].

Diversos pesquisadores destacam que o ensino de BIM deve ultrapassar o ensino instrumental da aplicação de ferramentas tecnológicas [5][6] evoluindo para o nível de maturidade associado às políticas, processos e tecnologias [7][8], uma vez que "*para ensinar BIM, é preciso compreender como os processos, políticas e tecnologias estão relacionados com os objetivos do ensino do processo de projeto"* [9]. Porém, considera-se que ensino de BIM deve também associar-se à formação das habilidades e competências intrapessoais e interpessoais do egresso.

Neste sentido, entende-se que os métodos de ensino e aprendizagem devem voltar-se não apenas ao desenvolvimento e avaliação de competências que expressam habilidades e conhecimentos técnicos, mas também, às competências intrapessoais e interpessoais que definem o saber-agir (SA) e torna-o capaz de mobilizar um conjunto integrado de recursos em prol da melhor solução mediada por BIM. Assim, propõem-se associar às estratégias PBL-BIM à SA.

O objetivo principal desta proposta pedagógica é estimular competências cognitivas, intrapessoais e interpessoais, através de aprendizagem significativa em BIM. A proposta fundamenta-se na Carta da UIA/UNESCO [10], na qual explora a necessidade de os alunos formados em Arquitetura terem, para além da capacidade de "*conceber, projetar, entender e realizar o ato de construção*", equilibrar as tensões entre "*emoção, a razão e a intuição*", habilidades indispensáveis a qualquer projeto integrado e colaborativo, mesmo em BIM.

Sendo assim, requer-se pensar e proporcionar meios e estratégias que possibilitem a formação dos nossos alunos como indivíduos completos, com habilidades e competências para além daquelas exigidas pela profissão. A maior contribuição está na formação de um profissional AECO integrador, capaz de acelerar a formação em BIM, estimulando o desenvolvimento de comportamento e atitude preconizados pela UNESCO (Aprender Ser, Fazer, Conhecer, Conviver) [11] e as competências do profissional de 2022 do Fórum Econômico Mundial.

METODOLOGIA

Em termos metodológicos, este artigo apoia-se no método exploratório com discussão teórica aliada à prática pedagógica. A fundamentação teórica pauta-se na literatura voltada à formação do profissional AECO e ensino de BIM, destacam-se a compreensão dos conhecimentos e competências necessárias ao processo de projeto voltado à interdisciplinaridade.

A prática pedagógica de PBL-BIM associada à SA foi aplicada ao grupo de 40 alunos em 2019 (presencialmente) e 47 alunos em 2020 (remotamente[1]), colaboraram 8 docentes do 4º semestre do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Facens. O exercício de integração interdisciplinar foi proposto em grupos de 3 a 4 alunos, determinados por dinâmica de habilidades complementares, envolvendo todas as componentes curriculares do semestre, apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Componentes curriculares do 4º semestre

Componente	Carga Horária	Docentes	Ferramentas Digitais
Desenho Digital II	40	A	A360; Revit; AutoCAD, SketchUP, Trello
Conforto Ambiental: Lumínico	40	B	Revit; AutoCAD, SketchUP, Lumion
Projeto de Arquitetura IV	80	A, C	Revit; AutoCAD, SketchUP
Projeto de Urbanismo: Central	80	D, E	Revit; AutoCAD, SketchUP, Google Earth
Teoria e História da Arq. e Urb.	40	F	Google Earth / street view
Patrimônio Cultural e a Prod. Cidades	40	D	Google Earth / street view
Sistemas Estruturais: Concreto	40	G	Ftool e Revit
Mecânica dos Solos e Fundações	40	H	Ftool e Revit

Fonte: a autora.

O desafio apresentado para o desenvolvimento do Projeto Integrado e Colaborativo (PIC) foi o projeto de um edifício educacional, com até 5.000m² e gabarito de até 3 pavimentos, em um dos grandes vazios urbanos de Sorocaba. Considerando as diversas restrições que o território apresenta como: a presença de um patrimônio tombado pelo município, o Rio Sorocaba, o Córrego Lavapés e as linhas de transmissão

[1] Devido a publicação do Decreto nº 64.881, de 22 de março de 2020, que decretou a quarentena no Estado de São Paulo, no contexto da pandemia do Covid-19.

de energia elétrica. O problema do edifício educacional envolveu a definição de um plano urbano para a área, realizado pela disciplina de urbanismo. As demais disciplinas complementaram e apoiaram o desenvolvimento do projeto, como por exemplo, em conforto lumínico, os alunos desenvolveram análises e o projeto lumínico; em sistemas estruturais e fundações, os alunos desenvolveram a análise e o projeto preliminar estrutural da edificação, todos integrados pela disciplina de Desenho Digital.

A Figura 1 ilustra o conceito de integração interdisciplinar proposta pelo PIC, definindo as entradas e saídas de cada disciplina para nortear a elaboração dos planos de aula e definir a matriz de comunicação e planejamento do cronograma das entregas dos alunos aos docentes.

Figura 1: Projeto Integrado e Colaborativo para aprendizagem significativa BIM



Fonte: a autora.

Na primeira aula do semestre os alunos foram apresentados ao projeto integrado proposto e precisaram identificar entre os grupos formados: (i) Qual é o problema? (formulação), (ii) Como ele será resolvido? (planejamento) e (iii) Como será feito? (registro de evidências), abordando os objetivos específicos de cada disciplina ao desenvolvimento do projeto ao longo do semestre.

A disciplina de desenho digital, como integradora do projeto, foi responsável por coordenar as atividades junto aos alunos e professores para cumprimento de sua ementa: *Amplia os conceitos de modelagem geométrica e informacional aplicados ao projeto arquitetônico autoral. Introduz os instrumentos para o desenvolvimento de projeto utilizando recursos da tecnologia da informação e comunicação em projetos integrados e colaborativos.*

A avaliação do saber-agir contou com duas áreas: (a) Projeto Colaborativo e Integrado, compreendendo: trabalho em equipe, liderança, comunicação e gestão de conflitos e, (b) Desempenho em aula: assiduidade e pontualidade, participação e motivação, comportamento e postura, cumprimento de tarefas, autonomia e respeito à opinião dos outros. A SA foi aplicada aos alunos em formato de avaliação 360° [11]. A SA foi aplicada e comparada à avaliação docente através do formulário apresentado pelos Quadro 2 para o saber-agir e 3 saber-fazer.

Quadro 2: Avaliação 360º - saber-agir do PIC

Avaliação individual da Equipe Projeto Colaborativo e Integrado	Basteante Explorado	Explorado	Pouco Explorado	Não Explorado	Comentários
Trabalho em equipe					
Liderança					
Comunicação					
Conflitos e Crises					
Autoavaliação e Avaliação dos membros da equipe - PIC	Basteante Explorado	Explorado	Pouco Explorado	Não Explorado	Comentários
Assiduidade e Pontualidade					
Participação e Motivação					
Comportamento e postura					
Cumprimento de tarefas					
Respeita a opinião dos outros					

Fonte: a autora.

Quadro 3: Avaliação 360º - saber-fazer do PIC - Informacional

Modelagem compartilhada – avaliação individual	Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo	Justificativa
Qualidade do modelo tridimensional?						
Informa vias/acessos de cirgulação?						
Informa restrições Ferrovia?						
Informa restrições linha de transmissão? Informa restrições rios e córregos?						
Indica vegetação predominante?						
Indica restrições urbanas e patrimoniais?						
Modelagem da Proposta PIC – autovaliação individual	Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo	Justificativa
Qualidade dos elementos horizontais						
Qualidade dos elementos verticais						
Qualidade da modelagem da informação						
Qualidade da modelagem/simulação para tomada dedecisão - complementares						

Fonte: a autora.

RESULTADOS

Os resultados dos trabalhos entregues ao final do semestre pelos alunos (Fig. 2) demonstram não apenas a viabilidade da proposta pedagógica, como também, que as ferramentas digitais e o ensino de BIM quando integrado às competências e habilidades de maneira holística, permitem explicitar a interdependência das variáveis do projeto, como também, a necessidade de análises multicritério para uma eficaz tomada de decisão durante o processo.

No caso de 2020, além de possibilitar o desenvolvimento de habilidades e competências aos alunos, potencializaram-se o desenvolvimento de estratégias interdisciplinares em um momento atípico ao ensino. Neste ano, foram inseridas ferramentas adicionais, além das institucionais, como o Canvas, Zoom e OneDrive, outras plataformas foram utilizadas para motivar a integração: laboratórios virtuais, Miro, Mentimeter, Jamboard, entre outros.

Figura 2: Exemplo do Resultado do Projeto Integrado e Colaborativo



Fonte: a autora.

Demonstra-se através do Quadro 4 como as componentes curriculares, em um mesmo semestre, partilham entre si a responsabilidade de desenvolver uma ou mais competências exigidas na formação do egresso [1] e, como estas foram trabalhadas no conteúdo associado às ferramentas digitais.

Quadro 4: Interdisciplinaridade entre as componentes curriculares do 4º semestre

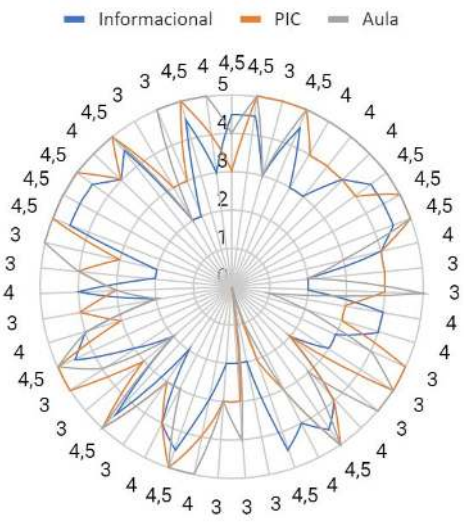
Componente	Competências [1]	Campetências Técnicas	Ferramentas Digitais
Desenho Digital II	I, III, IV, V, XI, XII	Representação, Modelagem Informacional Colaboração	A360; Revit; AutoCAD, SketchUP, Trello
Conforto Ambiental: Lumínico	I, III, IV, V, VIII, IX	Conforto Ambiental: Térmico + Lumínico	Revit; AutoCAD, SketchUP, Lumion
Projeto de Arquitetura IV	I, XI, XII	Projeto Arquitetura	Revit; AutoCAD, SketchUP
Projeto de Urbanismo: Central	I, II, III, V, VI,, XII	Análise e Projeto Urbano	Revit; AutoCAD, SketchUP, Google Earth
Teoria e História da Arq. e Urb.	I, III, IV, V	Repertório	Google Earth / street view
Patrimônio Cultural e a Prod. Cidades	I, III, IV, V	Repertório	Google Earth / street view
Sistemas Estruturais: Concreto		Materialidade e Estabilidade	Ftool e Revit
Mecânica dos Solos e Fundações	III, IV, V,VI, VII, VIII	Materialidade e Estabilidade	Ftool e Revit

Fonte: a autora.

Infere-se através dos resultados que a interdisciplinaridade é uma proposta válida e necessária para integrar e consolidar a formação generalista preconizada ao ensino de Arquitetura e Urbanismo, por manter o prisma do conhecimento técnico aplicado de modo sistêmico e colaborativo. E, neste sentido BIM foi capaz de consolidar e articular todas as informações em um único modelo, como banco de dados geométricos e informacionais.

Nota-se através do Gráfico 1, gerado com os resultados da avaliação 360º, a interdependência entre as habilidades técnicas e socioemocionais no desenvolvimento do PIC, percebidas por alunos e docentes.

Gráfico 1: Avaliação 360º



Fonte: a autora.

Essa percepção materializou-se aos alunos pela integração das variáveis e definições no desenvolvido da disciplina de Projeto de Arquitetura IV, com as análises urbanas e produção compartilhada, todos os grupos eram responsáveis por um quadrante, da maquete da área no Laboratório de Prototipagem e Fabricação Digital, desenvolvido na disciplina de Projeto de Urbanismo I, buscando a integração do projeto aos diferentes instrumentos naturais e urbanos, bem como à produção da exposição da disciplina de Patrimônio e Produção das Cidades.

Salienta-se também a integração com a disciplina de Teoria e História da Arquitetura e Urbanismo, através do apoiou no repertório e referências aos alunos no desenvolvimento do projeto, além de abordar aspectos voltados ao processo de restauro do edifício tombado que deveria ser considerado na proposta projetual (Fig.3).

A integração com a disciplina de Mecânica dos Solos e Fundações foi observada na escolha da área de implantação do projeto e soluções estruturais vinculadas à disciplina de Sistemas Estruturais. Além disso, as soluções de Conforto Ambiental foram aplicadas, através de estudos de ventilação e insolação associados aos conceitos de iluminação natural e artificial.

Figura 3: Acompanhamento do Restauro e Exposição dos alunos



Fonte: a autora.

Os resultados permitiram a participação, em 2019, na 1ª Jornada do Patrimônio de Sorocaba através da produção de uma exposição aberta ao público do mapeamento cultural da área, da maquete física da região associada ao modelo em Realidade Aumentada do Patrimônio Histórico, desenvolvido em parceria com o Laboratório de Games e Apps, todos utilizados e desenvolvidos no PIC (Fig.4).

Figura 4: Exposição como Extensão



Fonte: a autora.

A exposição, como meio de extensão, foi aberta com uma palestra ministrada pelo professor da disciplina de Teoria e História da Arquitetura e Urbanismo sobre a arquitetura modernista de Sorocaba, e uma roda de conversa entre professores, alunos e a sociedade sobre o patrimônio cultural da cidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversas são as formas e esforços de inserir BIM no ensino de AECO, porém, como destaca Checcucci [13] a adoção integrada em diversos componentes curriculares "*mostra-se mais abrangente e possibilita a formação mais consistente, já que o tema pode ser trabalhado com diferentes professores, abordando um maior número de questões que envolvem paradigma, em diversos momentos da formação do aluno.*"

Nesse sentido, a questão central dessa iniciativa é que métodos de ensino-aprendizagem integradores podem ser potencializados através de BIM, não apenas no desenvolvimento e avaliação de competências que expressam habilidades e conhecimentos técnicos, mas também, às competências intrapessoais e interpessoais que definem o saber-agir.

No decorrer da aplicação desta prática pedagógica, tanto em 2019 como em 2020, observa-se que o uso de ferramentas digitais permitiu e garantiu o desenvolvimento de diferentes habilidades e competências aos alunos. E, em particular no ano de 2020 foram indispensáveis no desenvolvimento de estratégias interdisciplinares de ensino.

Percebe-se também que o uso da modelagem da informação da construção como estratégia de ensino-aprendizagem valida as percepções destacadas por Checcucci [13] visto que:

> *"a.) amplia a capacidade cognitiva dos alunos e os estimula a trabalhar com projetos complexos;*
>
> *b.) melhora a visualização espacial e a compreensão do espaço e da edificação e fornece mais recursos para a tomada de decisões e a resolução de problemas;*
>
> *c.) facilita a aprendizagem de conteúdos de engenharia;*
>
> *d.) potencializa as capacidades cerebrais ao dar apoio aos processos cognitivos, como a lembrança e memória; a atenção; o planejamento e a antecipação; o reconhecimento, a interpretação e a compreensão;*
>
> *e.) facilita a explicitação do conhecimento sobre a edificação, promovendo o desenvolvimento da atenção, do raciocínio e da criatividade."*

As estratégias adotadas em conjunto, PBL-BIM-SA, permitiram acrescentar a discussão e reflexão sobre situações do dia a dia profissional, onde os valores, pontos fortes e pontos de melhorias devem ser relembrados como, por exemplo, (i) entre os colegas, (ii) na relação líder - liderado, (iii) entre profissionais de áreas complementares. Dentre os principais resultados, voltados às habilidades e competências cognitivas, intrapessoais e interpessoais, através de aprendizagem significativa BIM, obtidos no debate de encerramento do semestre entre docentes e alunos em função, desta prática pedagógica destacam-se:

- a diminuição da resistência em trabalhos em grupos;
- a interação entre diferentes grupos sociais consolidados;
- o surgimento de novas lideranças;
- o descobrimento de novas habilidades;
- a capacidade de analisar situações sob diferentes perspectivas, com empatia e alteridade;
- melhorias significativas no planejamento e gerenciamento das atividades;
- compreensão da integração interdisciplinar;

- reconhecimento de que Tecnologias de Informação e Comunicação e BIM não se restringem ao uso de tecnologia.

Os resultados impulsionam a ampliação da implementação dessa prática para outros semestres, cursos e refletir sobre a revisão de estrutura das matrizes curriculares em cursos de AECO de modo a aproximá-los da prática do mercado bem como ao desenvolvimento de habilidades e competências inerentes à formação de modo ativo e significativo. Porém, destaca-se que os resultados apresentados não seriam possíveis sem o envolvimento, colaboração e participação ativa de todos os docentes.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os alunos, professores, coordenação e a Facens pelo incentivo e apoio.

REFERÊNCIAS

[1] BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO/CÂMARA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR. **Resolução no 2**, de 17 de Junho de 2010 – Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, alterando dispositivos da Resolução CNE/CNS no 6/2006.

[2] MORIN, E. **Complexidade e Transdisciplinaridade: a reforma da universidade e do ensino fundamental**. Natal: EDURN – Editora da UFRN, 2000.

[3] ITO, A. L. Y.; SCHEER, S. Um levantamento em Curitiba das percepções do potencial do BIM no ensino em cursos de arquitetura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 1., Fortaleza, 2017. **Anais [...]** Fortaleza: Marketing Aumentado,2017.

[4] BASTO, P. E. de A.; LORDSLEEM JUNIOR, A. C. O ensino de BIM em curso de graduação em engenharia civil em uma universidade dos EUA: estudo de caso. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 4, p. 45-61, out./dez. 2016.

[5] RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X.; MORAIS, M. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, abr./jun. 2013.

[6] SALGADO, M. S. Ensino de arquitetura, engenharia e tecnologias digitais: relato das experiências compartilhadas durante o ENEBIM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., Campinas, 2019. **Anais [...]** Porto Alegre:ANTAC, 2019

[7] SUCCAR, B. Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in construction**, v. 18, p. 357-375, 2009.

[8] BÖES, J. S.; BARROS NETO, J. de P.; LIMA, M. M. X. de. BIM maturity model for higher education institutions. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 131-150, abr./jun. 2021. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. http://dx.doi.org/10.1590/s1678-8621202100020051

[9] GASPAR, J. A. M.; RUSCHEL, R. C.; MONTEIRO, E. Z. Integrated and collaborative architectural design: 10 years of experience teaching BIM. In: **Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering**. Springer, Cham, 2019. p. 865-872.

[10] UIA/UNESCO. Carta para Educação dos Arquitetos. Tradução Luis Augusto Contier. Consultado em 25 de Junho de 2021. Disponível em http://www.abea-arq.org.br/?page_id=304.

[11] DELORS, J. *at al.* **Educação: um tesouro a descobrir** – 5 eds. – São Paulo: Cortez: Brasília, DF: MEC: UNESCO, 2001.

[12] ARMSTRONG, T.; BLAKE, S. Y.; PITROWSKI, C. THE APPLICATION OF A 360-DEGREE FEEDBACK MANAGERIAL DEVELOPMENT**. Education**, v. 120, n. 4, 2000.

[13] CHECCUCCI, E. S. **Ensino-Aprendizagem de BIM nos Cursos de Graduação em Engenharia Civil e o Papel da Expressão Gráfica Neste Contexto**. Salvador, 2014. 235 f. Tese (Doutorado em Difusão do Conhecimento) – Programa de Doutorado Multi-institucional e Multidisciplinar em Difusão do Conhecimento, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.