

TAXONOMIAS DE GEOMETRIA DA ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA: UMA ABORDAGEM DIDÁTICA AO ENSINO DA MODELAGEM PARAMÉTRICA NA ARQUITETURA

TAXONOMIES OF GEOMETRY OF THE CONTEMPORARY ARCHITECTURE: A DIDACTIC APPROACH TO THE TEACHING OF PARAMETRIC MODELING IN ARCHITECTURE

Janice de Freitas Pires¹, Alice Theresinha Cybis Pereira¹, Alexandre Gonçalves²

RESUMO: Este trabalho tem uma abordagem didática voltada ao ensino da representação gráfica digital para o projeto de arquitetura, procurando identificar estruturas de saber que suportem os conceitos geométricos empregados em obras da arquitetura contemporânea. Diante dos avanços tecnológicos e da recente inserção do design paramétrico em escritórios e escolas de arquitetura, o estudo propõe reconhecer as técnicas de modelagem paramétrica, relacionadas a tais conceitos. Como método de explicitação das estruturas de saber são adotados os conceitos de taxonomia e ontologia, os quais permitem classificar, hierarquizar e associar os conceitos de geometria e de técnicas de modelagem paramétrica. O estudo também visa contribuir para as reflexões, no ensino de arquitetura, sobre as estratégias projetuais baseadas na geometria utilizada pelos arquitetos contemporâneos, uma vez que as representações paramétricas destas geometrias exigem uma compreensão teórica profunda de seus elementos constituintes.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Arquitetura; Modelagem Paramétrica; Arquitetura Contemporânea; Taxonomia; Ontologia.

ABSTRACT: This work has a didactic approach directed to the teaching of digital graphic representation for the architectural design. It seeks to identify structures of knowledge that support the geometric concepts employed in works of contemporary architecture. Faced with the technological advances and the recent insertion of parametric design in offices and schools of architecture, the study proposes the clarification of knowledge structures for the recognition of parametric modeling techniques related to those concepts. For such clarification, the notions of taxonomies and ontologies have been adopted, allowing the classification, hierarchization and association of the concepts of parametric modeling techniques and geometry. The study also aims to contribute to reflections, in the teaching of architecture, on the geometric design strategies used by contemporary architects, since the parametric representations of these geometries require a deeper theoretical understanding of their constituent elements.

KEYWORDS: Architecture Education; Parametric Modeling; Contemporary Architecture; Taxonomy; Ontology.

¹ Universidade Federal de Pelotas

² Universidade Federal de Santa Catarina

How to cite this article:

PIRES, J. F.; PEREIRA, A. T. C.; GONÇALVES, A. Taxonomias de geometria da arquitetura contemporânea: uma abordagem didática ao ensino da modelagem paramétrica na arquitetura. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 27-46 2017. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v12i3.133954>

Fonte de financiamento:

Declararam não haver

Conflito de interesse:

Declararam não haver

Submetido em: 24/06/2017

Aceito em: 11/09/2017



INTRODUÇÃO

Nos últimos 20 anos, o crescente desenvolvimento e emprego de ferramentas digitais na prática profissional da arquitetura tem refletido em práticas formativas que objetivam tanto efetivar o uso destas tecnologias quanto apoiar a atividade projetual e seu processo de aprendizagem.

Este avanço tecnológico, particularmente a partir da década dos anos 1990, vem influenciando de maneira mais intensa o modo de produzir arquitetura (BURRY; BURRY, 2010; KOLAVERIC, 2003; POTTMANN et al., 2007; SCHNABEL, 2007; WOODBURY, 2010). Especificamente quanto aos aspectos geométricos da forma, tornou-se recorrente o uso de geometrias com nível elevado de complexidade, que não podem ser representadas ou descritas por técnicas tradicionais de representação gráfica e de construção, como são as formas que utilizam a denominada geometria euclidiana¹ (GROBMAN, 2010). Devido a isso, até então, estas geometrias complexas eram consideradas difíceis de serem tratadas no âmbito do projeto de arquitetura.

Com a adoção das tecnologias digitais na produção arquitetônica, houve a necessidade de se conhecer um conjunto de conceitos e técnicas de representação gráfica digital para projetar com tais geometrias. Neste contexto, estas novas técnicas de representação gráfica e de simulação influenciaram na mudança do modo de produção da arquitetura, abrangendo o processo de projeto desde as fases de concepção, modelagem e estudos de comportamento do objeto concebido, por meio da materialização (prototipagem) do edifício.

Esta maneira não convencional de produzir formas e de projetar em arquitetura estabeleceu-se a partir da inserção do denominado projeto paramétrico. Para Woodbury (2010), sistemas paramétricos e de geração de formas permitem ter um maior controle das possibilidades de geração de geometrias complexas e um maior número de alternativas de projeto para avaliação e seleção do projetista. Esses sistemas permitem a geração de soluções customizadas que podem ser prototipadas e avaliadas nas diferentes etapas do projeto de arquitetura.

Esta viabilidade de projetar formas com níveis mais elevados de complexidade a partir de modelos descritos parametricamente teve como consequência a necessidade de se conhecer aspectos e elementos geométricos mais específicos, que permitem definir a forma, incluindo seus processos de geração. Inserir uma base de conhecimento que amplie a formação atual do arquiteto – a qual, no Brasil, está essencialmente alicerçada na geometria euclidiana e nas técnicas projetivas de representação da geometria descritiva –, a partir de disciplinas básicas de geometria, torna-se relevante para atualizar e incrementar as práticas desenvolvidas nas disciplinas de projeto de arquitetura.

Desse modo, configura-se a necessidade, em termos didáticos, de estruturar um corpo formal de conhecimentos para suportar essa inserção, que deve abarcar o conhecimento da geometria complexa aplicada à arquitetura e sua relação com as técnicas digitais de representação gráfica. Em tais processos de ensino e aprendizagem, há dificuldade de encontrar materiais didáticos estruturados, que explicitem o conhecimento de maneira a facilitar sua apropriação e utilização durante o processo de projeto.

No contexto em que se insere este estudo, a Teoria Antropológica da Didática (CHEVALLARD, 1999), através de sua abordagem de *estruturas de saber*, tem promovido apoio a estruturação de processos de ensino e aprendizagem. Entende-se que, com interesse didático, é necessário também sistematizar este conhecimento através da representação de obras

¹ A geometria euclidiana, sistematizada e fundamentada nos postulados de Euclides, contempla a geometria plana, a geometria de figuras semelhantes e a estereometria, que estuda as relações métricas da pirâmide, do prisma, do cone, do cilindro e de polígonos regulares, especialmente do triângulo e do pentágono (CAJORI, 2007). Trata, assim, de figuras que podem ter suas propriedades estudadas a partir de seu desenvolvimento ou planificação sobre um plano reto.

da arquitetura contemporânea e do estudo das ações projetuais empregadas por seus arquitetos.

Em trabalhos anteriores (BORDA et al., 2010; PIRES; BORDA, 2010), a explicitação de estruturas de saber referentes à representação gráfica digital para o projeto de arquitetura foi associada à estruturação de *taxonomias*, que, segundo Novo (2007), são estruturas classificatórias do saber que têm por finalidade permitir a agregação de informações e dados e entender como o domínio do conhecimento é organizado em uma área ou saber específico.

A hipótese do presente estudo é a de que, através de taxonomias e ontologias que tratam da estrutura de conhecimento associada à geometria da arquitetura contemporânea e à modelagem paramétrica, seja possível sistematizar elementos didáticos de apoio ao desenvolvimento do projeto paramétrico. Objetiva-se estruturar as informações relacionadas aos conceitos geométricos e a modelagem paramétrica e suas aplicações na arquitetura contemporânea, com base no conceito de taxonomias e ontologias, de modo a gerar conhecimento para aplicação didática na arquitetura.

ENSINO DE GEOMETRIA PARA ARQUITETURA

A atuação de uma das autoras como pesquisadora e docente em um contexto particular de ensino da representação gráfica digital para arquitetura permitiu o estabelecimento de uma trajetória de investigação que apontou para a pertinência dos referenciais teóricos e metodológicos anteriormente citados.

O Projeto Probarq (Produção e Compartilhamento de Objetos de Aprendizagem para o Projeto de Arquitetura), constituído no âmbito do Grupo de Estudos para o Ensino/Aprendizagem de Gráfica Digital (Gegradi) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEl), no período de 2008-2013, possibilitou investigar sobre a estruturação e o compartilhamento de materiais didáticos, com base na própria estrutura de saber associada a tais materiais. Esta teria o objetivo de permitir a indexação e busca destes materiais pela associação de palavras-chave que os descrevem (taxonomias) e potencializar os processos de ensino e aprendizagem por meio das próprias descrições (conceitos, atributos, técnicas e tecnologias) associadas a tais materiais.

No contexto de tal grupo de pesquisa, em termos de proposta curricular para Arquitetura, a partir de 2010, as técnicas digitais de representação passaram a ser inseridas nas disciplinas de Geometria Descritiva, automatizando os métodos projetivos e dinamizando a exploração e a transformação da forma. Também foram adotados sistemas visuais que operam com a variação de parâmetros, os quais permitem desenvolver as representações de maneira precisa, tornando-as dinâmicas e interativas. As atividades em que estes recursos foram explorados estão exemplificadas nas Figuras 1 e 2. A Figura 1 refere-se ao estudo de superfícies curvas no espaço tridimensional e bidimensional, através da análise e representação de elementos arquitetônicos de obras referenciais em arquitetura. Os estudantes são incentivados a aplicar os conceitos geométricos para analisar as obras de arquitetura, representá-las e materializá-las utilizando técnicas de planificação e construção de modelos em papel (Figura 2).

A análise geométrica das obras se desenvolve a partir de imagens em projeção, buscando identificar os elementos primários de tais superfícies e propor as hipóteses de geração da forma tridimensional. Os estudantes também desenvolvem uma proposta de intervenção em tais geometrias, como a representação de estruturas geométricas em composição com as superfícies estudadas, utilizando-se conceitos de composição geométrica.

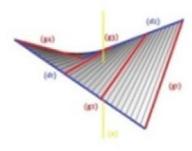
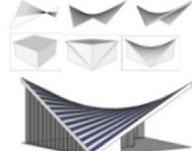
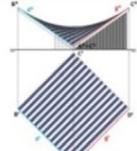
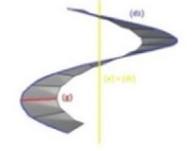
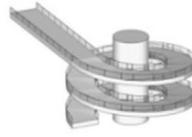
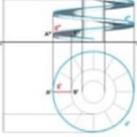
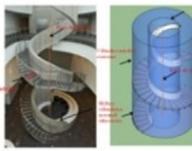
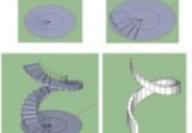
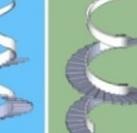
| | | | | |
|---|---|--|--|--|
|  <p>Estação de Trem Warszawa Ochota, 1963, Varsóvia, Polónia.</p> |  <p>Superfície Retilínea não desenvolvível</p> | <p>EXTRUSÃO DAS RETAS GERATRIZES AO LONGO DAS RETAS REVERSAS DIRETRIZES DO PARABOLOIDE HIPERBÓLICO ASSUMINDO POSIÇÕES REVERSAS UMA A OUTRA.</p> <p>SUPERFÍCIE GERADA POR TÉCNICA DE LOFT.</p> |  <p>Etapas do processo de geração Visualização em perspectiva cônica</p> |  <p>Visualização em vistas ortográficas</p> |
|  <p>Rampa da Estação Cabo Branco - Ciência, Cultura e Arte, 2008, João Pessoa, PB.</p> |  <p>Superfície Retilínea não desenvolvível</p> | <p>EXTRUSÃO DAS RETAS GERATRIZES AO LONGO DAS DIRETRIZES HÉLICES CILÍNDRICAS DO HELICOIDE DE PLANO DIRETOR, ASSUMINDO POSIÇÕES REVERSAS UMA A OUTRA.</p> <p>SUPERFÍCIE GERADA POR TÉCNICA DE LOFT.</p> |  <p>Visualização em perspectiva cônica</p> |  <p>Visualização em vistas ortográficas</p> |
|  <p>Escada Helicoidal - Museu Salvador Dall, 2011, St. Petersburg, Flórida, USA.</p> |  <p>Superfície Retilínea não desenvolvível</p> | <p>EXTRUSÃO DAS RETAS GERATRIZES AO LONGO DAS DIRETRIZES HÉLICES CILÍNDRICAS DO HELICOIDE DE PLANO DIRETOR, ASSUMINDO POSIÇÕES REVERSAS UMA A OUTRA.</p> <p>SUPERFÍCIE GERADA POR TÉCNICA DE LOFT.</p> |  <p>Etapas do processo de geração</p> |  <p>Vista frontal e perspectiva</p> |

Figura 1: Atividades de análise e representação de obras de arquitetura com superfícies curvas - Disciplina de Geometria Gráfica e Digital 3 (FAUrb - UFPEl)

Fonte: Pires et al. (2013)

As análises geométricas desenvolvidas anteriormente a tais atividades geram elementos de descrição destas geometrias, os quais acabam por suportar as próprias representações. De acordo com os estudos desenvolvidos em Pires, Aguirre e Borda (2009) e Pires (2010), tais descrições configuram-se como estratégia para a aquisição e conseqüente construção de um vocabulário e repertório geométrico para a prática projetual por tratarem de um aprofundamento dos conceitos e procedimentos geométricos que abarcam diferentes níveis de complexidade formal, presentes em referenciais de arquitetura, que permitem também avançar na compreensão da geometria não euclidiana que está presente na arquitetura contemporânea.

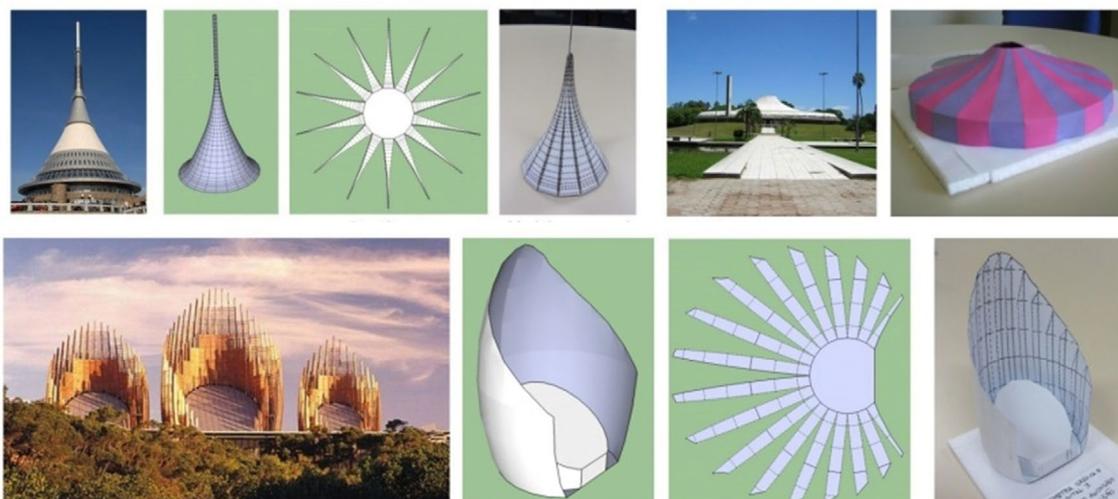


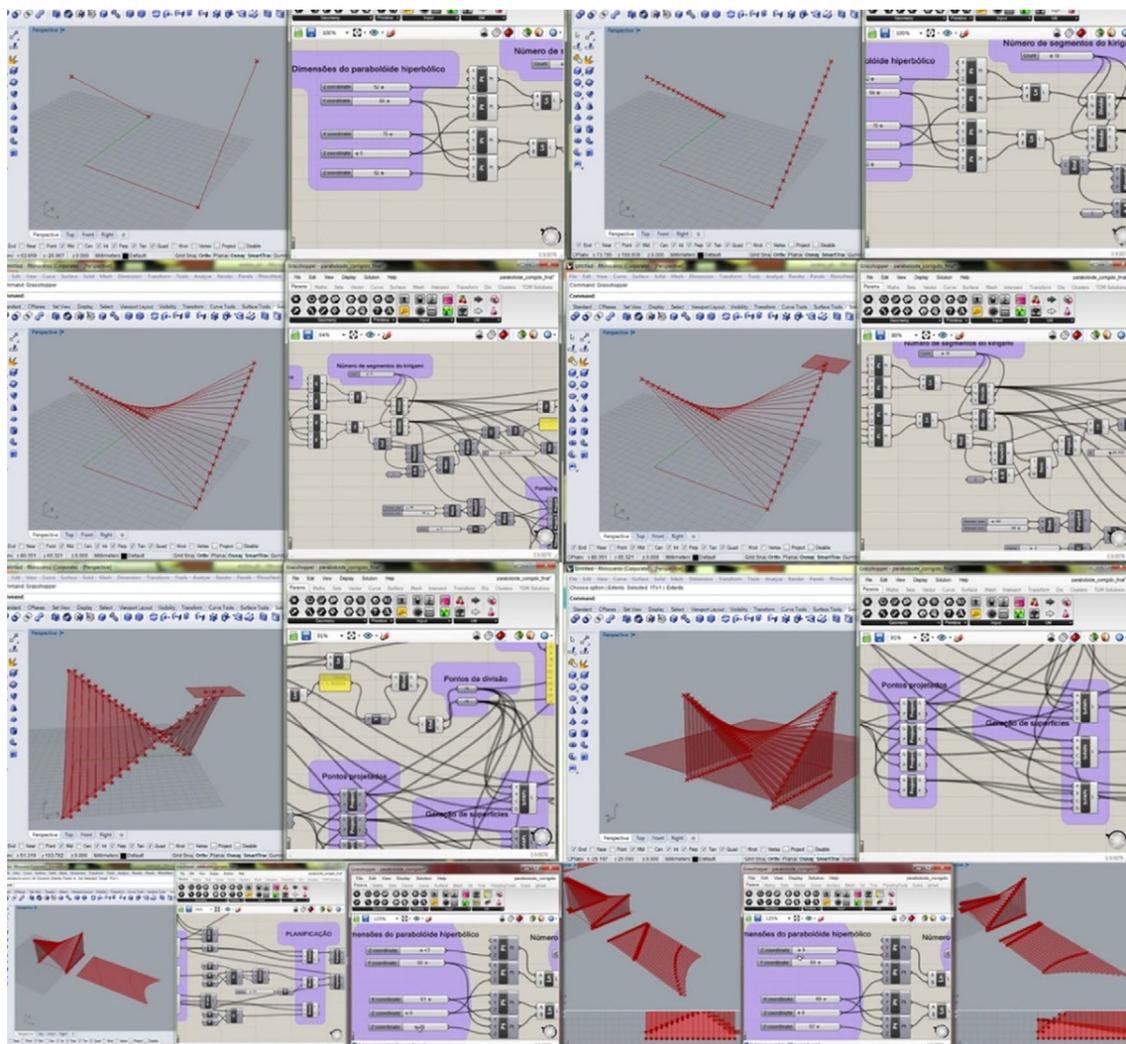
Figura 2: Atividades de geração de modelos em papel de obras de arquitetura com superfícies curvas - Disciplina de Geometria Gráfica e Digital 3 (FAUrb - UFPEl)

Fonte: Pires, Borda e Peronti (2014)

No contexto anteriormente referido, a inserção do projeto paramétrico tem se desenvolvido por meio de projetos de pesquisa e de pós-graduação. O Projeto Acorda², do grupo do grupo de pesquisa Gegradi, objetiva a Análise e Construção de Referenciais Didáticos para a inserção de Desenho

² Projeto Acorda - Análise e construção de referenciais didáticos para a inserção de desenho paramétrico e prototipagem rápida em estágios iniciais de formação em arquitetura, Chamada Universal CNPQ 2014.

Paramétrico e Prototipagem Rápida em estágios iniciais de formação em Arquitetura. Em uma das práticas desenvolvidas no âmbito deste projeto (Figura 3), identificou-se o processo de modelagem de um “kirigami tridimensional” (RAZANI, 1993) e sua planificação, com o propósito de construir modelos em papel de superfícies retilíneas não planificáveis. A modelagem aproximou a geometria de uma superfície curva, através da inserção de tiras planas sobre a superfície, as quais, ao serem cortadas, podem ser restituídas no espaço tridimensional, formando uma *superfície curva por aproximação* (POTTMANN et al., 2007).



A Figura 4 trata de um esquema de descrição de todo o processo em que foram incluídas as associações entre as estruturas de saber relativas à: *estrutura geométrica da forma*, composta basicamente por conceitos e elementos fundamentais da geometria; a sua *estrutura construtiva*, configurada por elementos geométricos que permitem representar “tiras”, as quais devem ser planificadas sobre um plano para que possam ser cortadas no material utilizado (papel, por exemplo); e as *técnicas empregadas*, que são as ações necessárias e as maneiras de executá-las para cada objetivo de modelagem.

Figura 3: Processo de formação em técnicas paramétricas de modelagem

Fonte: Workshop Projeto Acorda, Gegradi – UFPel, 2015. Ministrante: Prof.^a Gabriela Celani (Unicamp)

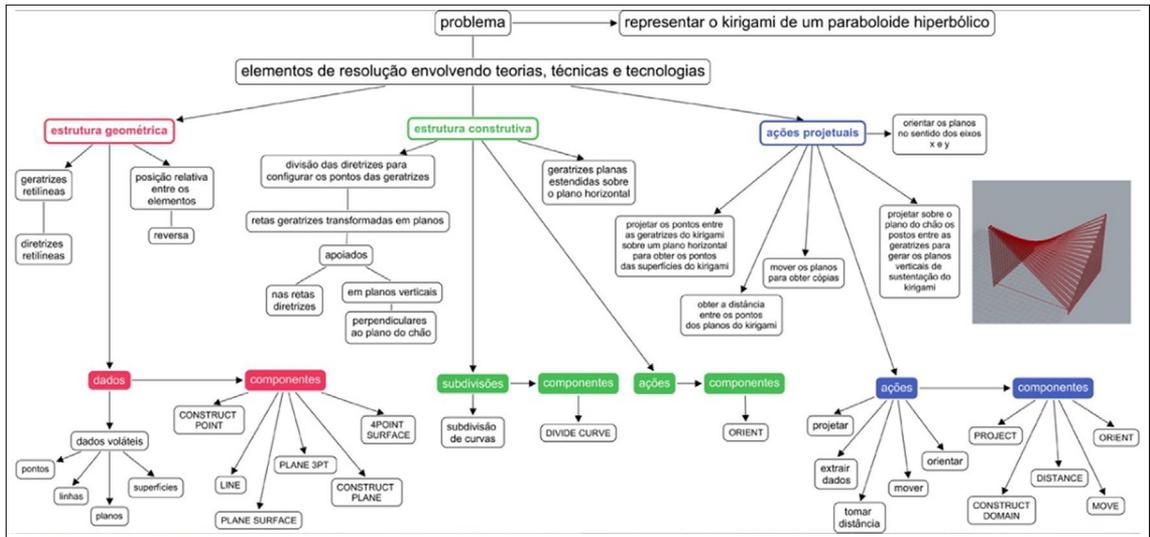


Figura 4: Material didático que estrutura os elementos de saber envolvidos na modelagem paramétrica de um *kirigami* de superfície curva retilínea não desenvolvível

Fonte: elaborada pelos autores, 2015

Outro projeto de pesquisa no qual o presente trabalho se insere é o do Laboratório de Ambientes Hipermídia para a Aprendizagem (Hiperlab), do Departamento de Expressão Gráfica da Universidade Federal de Santa Catarina. O projeto “O processo de ensino e aprendizagem de projeto mediado pelas tecnologias da informação e comunicação em arquitetura e design” se desenvolve a partir de uma “necessidade de maior integração das tecnologias no ensino de projeto e consequentemente de apoio aos professores para que possam se atualizar e contribuir para uma prática de atelier mais atual e integrada” (p. 3). Neste contexto, o projeto propõe “desenvolver métodos e procedimentos de ensino e aprendizagem de projeto mediado pelas tecnologias da informação e comunicação em arquitetura e design” (p. 4) e “aplicar este plano em um curso a distância ou semipresencial, avaliando seus resultados, para propor melhorias e adequações” (p. 5).³ Um dos principais desenvolvimentos do projeto é o de objetos de aprendizagem digitais sistematizados para compor cursos a distância e semipresenciais que integrem as Tecnologias da Informação e Comunicação no processo de projeto de Arquitetura e Design. Para isso, está sendo constituída uma rede virtual de interação entre as escolas de arquitetura e design do país, a rede TEAR_AD (Tecnologia no Ensino e Aprendizagem em Rede nas áreas de Arquitetura e Design), a qual, além de disponibilizar os materiais educacionais produzidos pelos parceiros da rede para serem reestruturados e/ou compartilhados, irá avaliá-los.

No caso desta pesquisa, os materiais têm o propósito de abarcar os conceitos da geometria complexa da arquitetura contemporânea e a descrição de seus processos de geração por meio da modelagem paramétrica, configurando taxonomias de apoio ao ensino do projeto de arquitetura.

REFERENCIAIS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS

Conforme já referido, a partir dos avanços tecnológicos dos últimos anos, novos conceitos da geometria têm se mostrado potencialmente presentes na arquitetura contemporânea. Estes, segundo Pottmann (2010), apontam para um elevado nível de complexidade geométrica. Para o autor, tais saberes não são abordados e ensinados em cursos de desenho ou geometria descritiva nas escolas de arquitetura. Pottmann destaca a necessidade de um conhecimento específico destas geometrias, principalmente frente às técnicas paramétricas de modelagem, as quais possibilitam controlar

³ Projeto “O processo de ensino e aprendizagem de projeto mediado pelas tecnologias da informação e comunicação em arquitetura e design”, Chamada Universal MCTI/CNPQ nº 14/2013, Faixa B.

a geração de geometrias complexas e suas alternativas para avaliação e seleção pelo projetista.

O projeto paramétrico, entendido como um processo em que a descrição de um problema é criada usando variáveis (MONEDERO, 2000b), caracteriza-se por gerar uma gama de soluções alternativas por alteração destas variáveis, visando atingir uma solução final a partir de critérios selecionados. Estes critérios podem estar relacionados com o desempenho, a facilidade de construção, requisitos de orçamento, as necessidades do usuário, estética ou a combinação destes. Um modelo computacional paramétrico incorpora a descrição de um de um problema de design, que é representada com base em relações entre objetos controlados por tais variáveis.

De acordo com Woodbury (2010), o processo de criação de relacionamentos (necessariamente) requer uma notação formal e introduz conceitos adicionais que não tenham sido previamente considerados como parte do “pensamento de design”. O autor considera que isso pode alargar o âmbito intelectual do projeto.

Em Mitchell (1990), já havia sido enfatizada a necessidade de descrição dos edifícios pelos arquitetos e projetistas para uma avaliação crítica da produção de arquitetura. Vaz (2011) destaca que, de acordo com o pensamento de Mitchell, a partir de uma conceitualização adequada, é possível estabelecer as bases para a descrição de um edifício. Esta descrição irá conter relações e propriedades de partes do edifício, sendo possível se referir a elas diretamente ou indiretamente. Quando essa descrição é feita por meio de sentenças escritas, a conceitualização permanece implícita no vocabulário e na construção das sentenças utilizadas. Para Vaz (2011) outra possibilidade de representação da descrição é por meio de sentenças de lógica de primeira ordem. Neste caso, a conceitualização é explicitada por meio da definição de constantes, variáveis, funções e as relações que se pretende utilizar. O mesmo autor ainda destaca que uma terceira forma de explicitar uma conceitualização seria pela descrição no formato de uma ontologia. Ontologia tem sua origem na Filosofia e foi definida para estudar “o ser” ou “a existência” e suas características básicas; busca quais entidades e que tipos de entidades existem.

Uma ontologia define um vocabulário comum para domínios em que exista a necessidade de compartilhamento de informações. No contexto da computação, inclui definições interpretáveis por máquinas de conceitos básicos em um domínio e relações entre estes, sendo definida como “uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada” (STUDER; BENJAMINS; FENSEL, 1998).

Uma “especificação formal” se refere a ser processável por máquina. “Explícita” refere-se a uma definição sem ambiguidade de todos os conceitos, atributos e relacionamentos. “Conceitualização” refere-se ao modelo conceitual de um dado domínio. E “compartilhada” refere-se a um entendimento compartilhado.

Para definirmos uma ontologia, é necessário descrever: classes (ou “coisas”), nos vários domínios de interesse; relacionamentos entre estas “coisas”; e propriedades (ou atributos) que estas “coisas” devem possuir. A definição de classes e sua hierarquia constituem a taxonomia de uma ontologia.

Ontologias podem ser usadas para analisar determinado conhecimento de domínio. Conforme referido anteriormente, tem-se adotado a Teoria Antropológica da Didática, particularmente a visão estruturada do saber, para analisar saberes no contexto de ensino e aprendizagem da representação gráfica digital para arquitetura. Ao considerar que uma estrutura de saber se constitui por quatro elementos – “problema”, “técnicas” de resolução deste problema, “tecnologias” (discursos que produzem e explicam as técnicas) e “teorias” (que produzem e justificam as tecnologias) –, esta visão promove o estudo do processo dinâmico de constituição de tal estrutura, associando a um único problema elementos advindos de diversas abordagens.

As Figuras 5 e 6 ilustram a constituição de um material didático desenvolvido no contexto da Rede TEAR_AD que aborda um determinado processo de modelagem paramétrica para aplicação em arquitetura. O material está constituído por um exemplo de obra de arquitetura e o conceito geométrico associado a tal obra; pela esquematização visual de seu processo de geração; pela organização em formato de mapa conceitual de um algoritmo que descreve as etapas de geração da geometria da obra e o qual se corresponde com a esquematização visual descrita anteriormente; pelo reconhecimento dos elementos tecnológicos de definição paramétrica para este processo de geração; e, por fim, pela definição das relações entre estes elementos e os parâmetros a serem atribuídos.



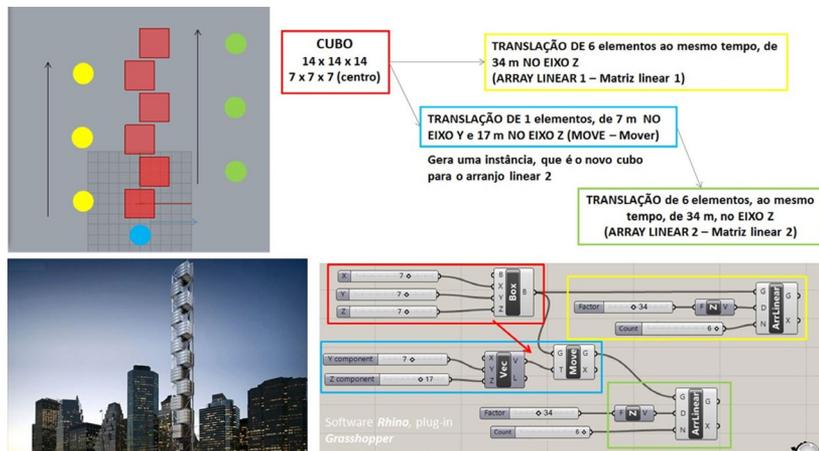
Figura 5: Terminologia que descreve um material didático da Rede TEAR_AD (UFSC) segundo teorias e técnicas de geração

Fonte: Pires, Gonçalves e Pereira (2016)

Os mapas e os esquemas visuais representam organizações taxonômicas relativas à geometria: a partir de uma imagem da obra 80 South Street foi feita uma análise para identificar o conceito geométrico associado ao seu processo de geração, a simetria de translação, caracterizando, em um esquema visual (à direita da Figura 5), seu principal invariante (as dimensões do objeto) e o tipo de movimento que é desenvolvido no espaço neste tipo de simetria; a caracterização da técnica de representação, uma matriz linear (*linear array*), foi descrita como sendo uma transformação geométrica de translação (*move*). Esta organização foi utilizada como base para propor um algoritmo simples que pôde ser associado ao próprio processo de modelagem paramétrica (Figura 6).

Figura 6: Material didático da rede Tear_AD (UFSC) que sistematiza o processo de modelagem paramétrica de uma obra de Santiago Calatrava

Fonte: Pires, Gonçalves e Pereira (2016)



MATERIAIS E MÉTODOS

Os referenciais teóricos e metodológicos referidos na seção anterior foram utilizados no desenvolvimento de uma análise sobre um conhecimento específico de geometria aplicada na arquitetura contemporânea (BURRY; BURRY, 2010), a qual será exposta no desenvolvimento do trabalho. Como método de análise dos conceitos abordados pelos autores e de sua estruturação serão aplicados modelos de ontologias. Estes são dos tipos *top-down* (definição dos conceitos mais gerais e sua especialização), *bottom-up* (definição dos conceitos mais específicos e posterior organização em classes mais gerais) e por combinação, os quais definem os conceitos mais relevantes primeiro e então os generaliza e especializa simultaneamente, de maneira apropriada (STUDER; BENJAMINS; FENSEL, 1998).

Para o desenvolvimento da análise proposta, será utilizado predominantemente o último tipo.

A análise em si desenvolve-se da seguinte maneira: inicialmente assinalam-se as palavras-chave apresentadas no texto de Burry e Burry (2010) e, com base no modelo de ontologias, estas palavras são categorizadas como resultado das relações explicitadas pelos próprios autores; após a identificação e categorização, as estruturas de saber encontradas ou palavras-chave destacadas são organizadas em mapas conceituais, com o objetivo de sistematizar os conceitos por meio da categorização do conhecimento analisado. A esta categorização também serão adicionados exemplos de obras de arquitetura que se utilizam dos conceitos identificados, conforme descrito por Burry e Burry (2010). A taxonomia será então formalizada no software Protégé⁴ para ser disposta em ambientes na internet, por intermédio da Web Ontology Language (OWL), que é utilizada para definição de ontologias para a web e endossada pelo W3C Web Ontology Working Group (STUDER; BENJAMINS; FENSEL, 1998). Na sequência, um dos conceitos será detalhado em formato de novas taxonomias, com o objetivo de abarcar a teoria e as técnicas de modelagem paramétrica. Destaca-se que os exemplos de obras de arquitetura citados por Burry e Burry (2010) serão detalhados em novas taxonomias e ontologias em etapas posteriores desta pesquisa.

A categorização destes conceitos está sendo tratada no decorrer da pesquisa como uma taxonomia de referência para o aprofundamento sobre os termos utilizados. O modelo de ontologias, por um lado, fornece um método formal para alocar as palavras em categorias e subcategorias, que são interpretadas com base na própria descrição apresentada pelos autores do texto a ser analisado. Por outro lado, é um modelo que ressalta a importância do tipo de relação entre os conceitos e possibilita estruturar o conhecimento que fundamenta estas relações, permitindo explicar em um nível mais profundo os conceitos descritos.

Para a análise proposta neste artigo, será desenvolvido o primeiro nível de uma ontologia, ou seja, a categorização dos conceitos, ou a taxonomia do saber tratado.

DESENVOLVIMENTO

Inicialmente, foi selecionado um conteúdo que exemplifica conceitos geométricos e matemáticos com desenvolvimento recente, associados a aplicações arquitetônicas contemporâneas, identificados por Burry e Burry (2010). Estes, segundo os mesmos autores, se referem ao uso de *tilings* e *packings*, definidos como “partições do plano ou de um espaço tridimensional” que podem abrigar espaços arquitetônicos (Figura 7).

⁴ <http://protege.stanford.edu/>

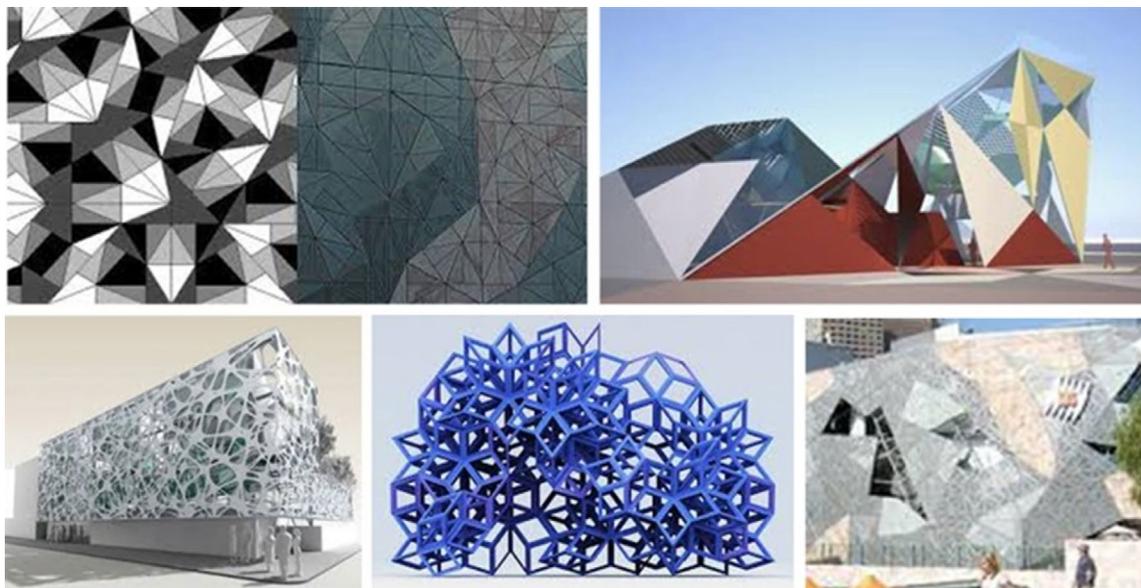


Figura 7: Exemplos de *tilings* e *packings* na arquitetura contemporânea

Fonte: Burry e Burry (2010)

Foi feita uma análise do texto apresentado pelos autores, e sobre o conteúdo destacaram-se as palavras-chave que descrevem tais conceitos arquitetônicos e matemáticos. As Figuras 8, 9 e 10 ilustram mapas conceituais que categorizam os termos identificados no texto. Para destacá-los, aplicou-se cor às palavras-chave identificadas, de modo a diferenciá-las por categorias, contemplando desde categorias mais gerais até as mais específicas (hierarquia de conceitos). Também foi feita uma diferenciação por tipos, entre a classe de conceitos arquitetônicos (na cor azul, no mapa da Figura 8), geométricos (na cor bordô, nos mapas das Figuras 8 e 9) e matemáticos (em cor laranja e marrom, no mapa da Figura 10). Conforme já referido, a classificação por hierarquia buscou identificar tanto a generalidade quanto a especificidade de cada termo, alocando-os nas classes e subclasses identificadas. Os mapas foram construídos utilizando-se a ferramenta Cmap Tools.⁵

No mapa da Figura 8 categorizam-se os termos apresentados no texto de referência de acordo com as relações explicitamente estabelecidas entre estes termos pelos próprios autores, tais como “arquitetura tradicional” e “arquitetura contemporânea”, relacionados com as subclasses “simetria” e “padrões aperiódicos”.

No mapa da Figura 9, para categorizar dois conceitos geométricos específicos, *packing* e *tiling*, utilizou-se o modelo *bottom-up* para o desenvolvimento de ontologias, alocando-se inicialmente tais conceitos na classe mais geral denominada no texto como “subdivisão do espaço”. No mesmo mapa ainda foram detalhados cada um destes conceitos, em um modelo *top-down*, criando-se novas subclasses de termos específicos do texto que estão associados, tais como “enchimento do espaço” e “partição do plano”, “espaços habitáveis” e “*space-frame* estrutural”.

O mapa da Figura 10 busca detalhar o conceito de *tiling*, associando as categorias “geometria euclidiana” e “geometria não euclidiana” e as subcategorias “periódicos” e “não periódicos”, além dos tipos identificados para cada uma destas subcategorias (“simetrias do plano”, *Ammann tiling*, *Penrose tiling* e “padrões de Voronoi”).

⁵ <http://cmap.ihmc.us/>

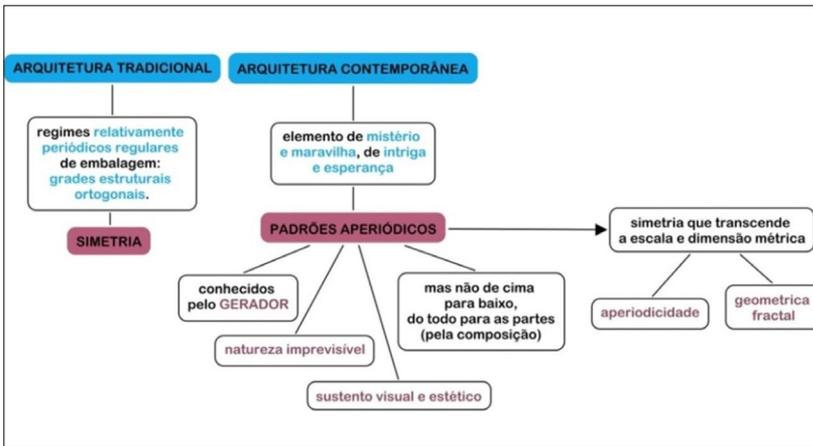


Figura 8: Mapa conceitual que destaca categorias de palavras-chave associadas a conceitos arquitetônicos (em azul) e geométricos (em bordô) relacionados à aplicação de tilings na arquitetura contemporânea

Fonte: Pires, Gonçalves e Pereira (2016)

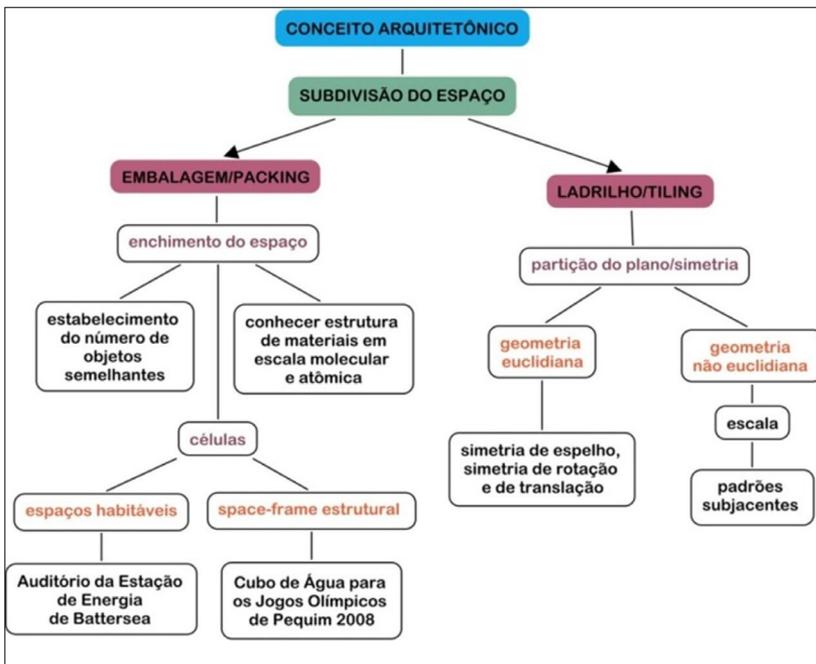


Figura 9: Mapa conceitual resultante da análise e classificação dos conceitos arquitetônicos e geométricos da arquitetura contemporânea apresentados em Burry e Burry (2010)

Fonte: Pires, Gonçalves e Pereira (2016)

Após esta identificação e categorização, as estruturas de saber encontradas ou palavras-chave destacadas e organizadas através dos mapas conceituais ilustrados foram reunidas em um único esquema, com o objetivo de sistematizá-las aplicando uma categorização para o conhecimento que foi analisado (Figura 11). Para isso, utilizou-se o modelo combinado da abordagem *top-down* e *bottom-up*, como referido anteriormente. Tal esquema constitui-se em uma taxonomia do saber tratado. A esta taxonomia foram adicionados exemplos de obras de arquitetura que se utilizam dos conceitos identificados, conforme descrito por Burry e Burry (2010).

Com o objetivo de dispor de uma taxonomia formalizada para ambientes na internet, transpôs-se a taxonomia para a Web Ontology Language, linguagem utilizada para definição de ontologias para a web e endossada pelo W3C Web Ontology Working Group, por meio do software Protégé (Figuras 12 e 13). A taxonomia implementada representa formalmente a estrutura apresentada no mapa da Figura 11.

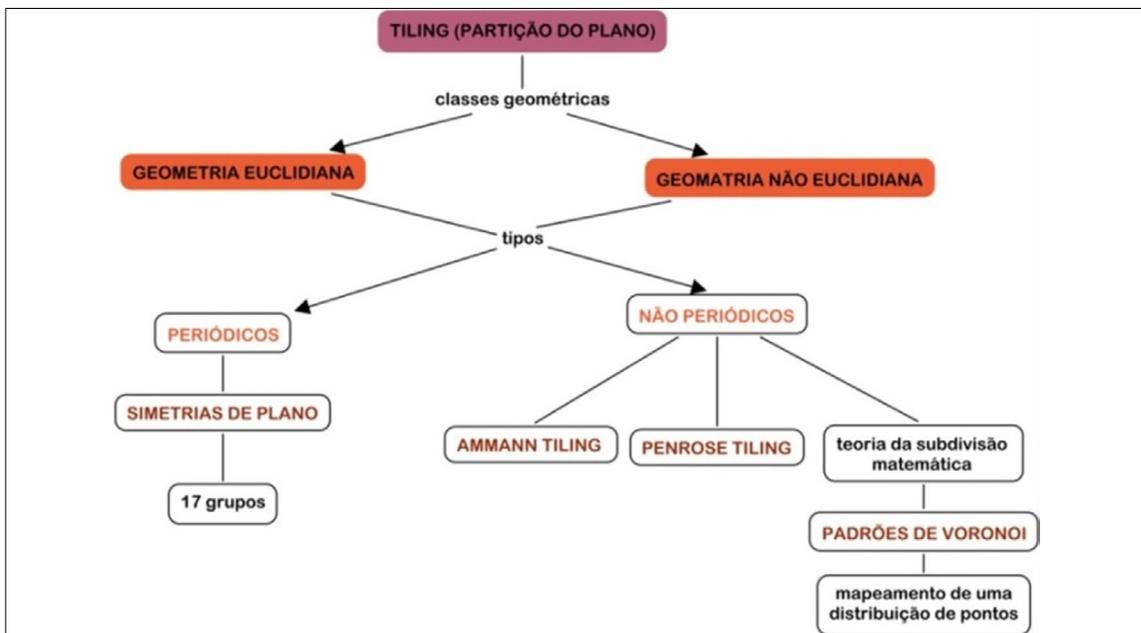


Figura 10: Mapa conceitual que destaca subcategorias de palavras-chave associadas a conceitos geométricos e matemáticos (em bordô e laranja) relacionados à aplicação de *tilings* na arquitetura contemporânea

Fonte: Pires, Gonçalves e Pereira (2016)

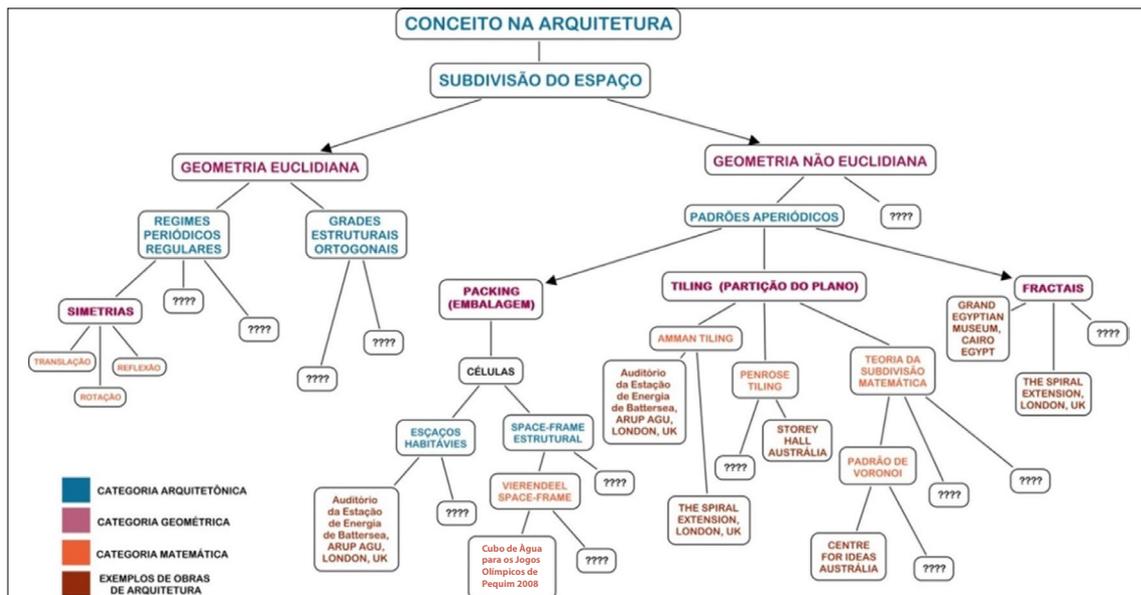
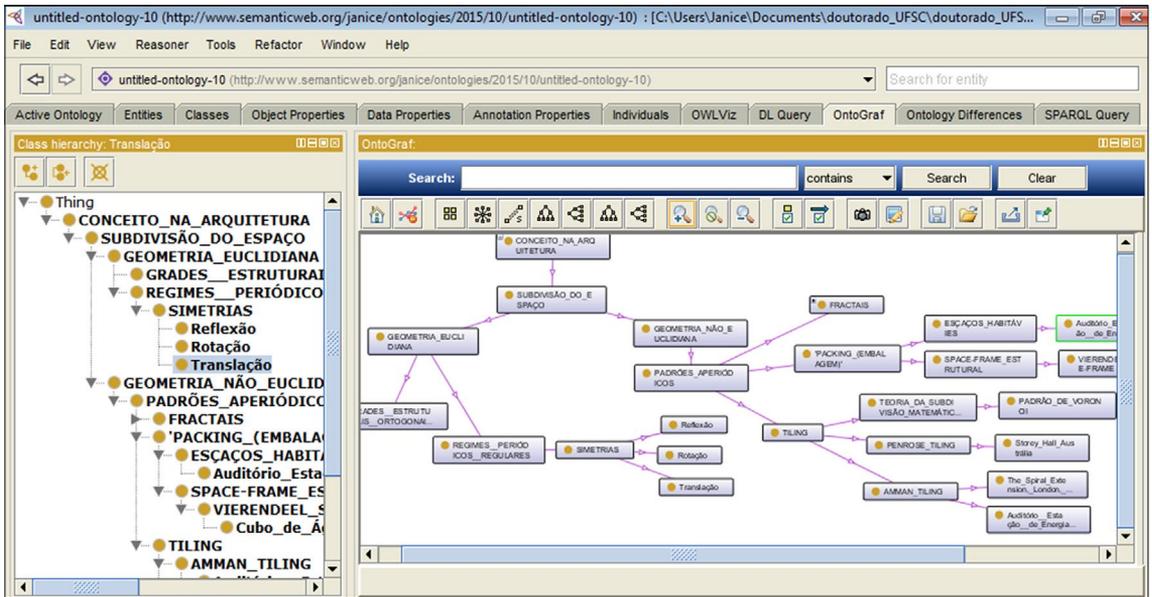


Figura 11: Mapa conceitual que categoriza e classifica em uma taxonomia os conceitos identificados durante o processo de análise

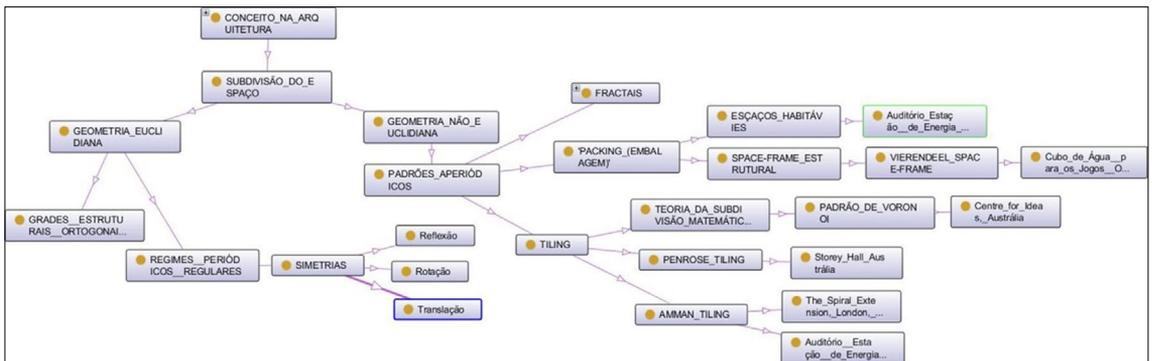
Fonte: Pires, Gonçalves e Pereira (2016)



A taxonomia relativa a *tilings* exigiu um maior detalhamento, em função da complexidade envolvida em suas estruturas geométricas. Este detalhamento buscou abarcar a teoria e as técnicas de modelagem paramétrica de tais padrões não periódicos. O esquema visual da Figura 14 representa a identificação das propriedades geométricas de *tilings* não periódicos, os quais estão sendo utilizados na arquitetura contemporânea, e os principais tipos e subtipos desenvolvidos ao longo da pesquisa em torno destes conjuntos. Para que possam ser compreendidos e representados parametricamente, cada um destes tipos e subtipos necessita ser detalhado em novas taxonomias.

Figura 12: Formalização da taxonomia para web semântica, formato RDF/XML, no software Protégé

Fonte: Pires, Gonçalves e Pereira (2016)



Na sequência, aplicando-se a mesma metodologia anteriormente descrita de identificação e categorização de palavras-chave, foram desenvolvidas taxonomias relativas ao *tiling* P2 de Penrose. Roger Penrose investigou esses conjuntos na década de 1970 e encontrou duas peças com propriedade de aperiodicidade, os chamados *prototiles*. Esta implica que uma cópia transladada de uma pequena porção da composição de Penrose (um *tile*) nunca vai corresponder ao original. Estas pequenas porções podem ser construídas por meio de simetrias de reflexão e de rotação aplicada cinco vezes ao elemento básico da composição. Dois dos elementos encontrados por Penrose foram denominados de “dardo” e “pipa” e derivam de triângulos agudos e obtusos presentes na estrutura geométrica do pentagrama. Estes triângulos são denominados de triângulos de Robinson e, ao serem unidos em composição, geram figuras particulares que são denominadas de *tiles* de Penrose, tais como a estrela, o sol e mais cinco figuras resultantes da

Figura 13: Esquema visual da taxonomia gerado pelo OntoGraf, no software Protégé

Fonte: Pires, Gonçalves e Pereira (2016)

combinação dos *prototiles* pipa e dardo iniciais. Estes elementos estão representados no mapa da Figura 15, assim como os tipos de processos envolvidos para gerar estas figuras e a resultante composição aperiódica no plano, a partir da combinação de tais elementos.

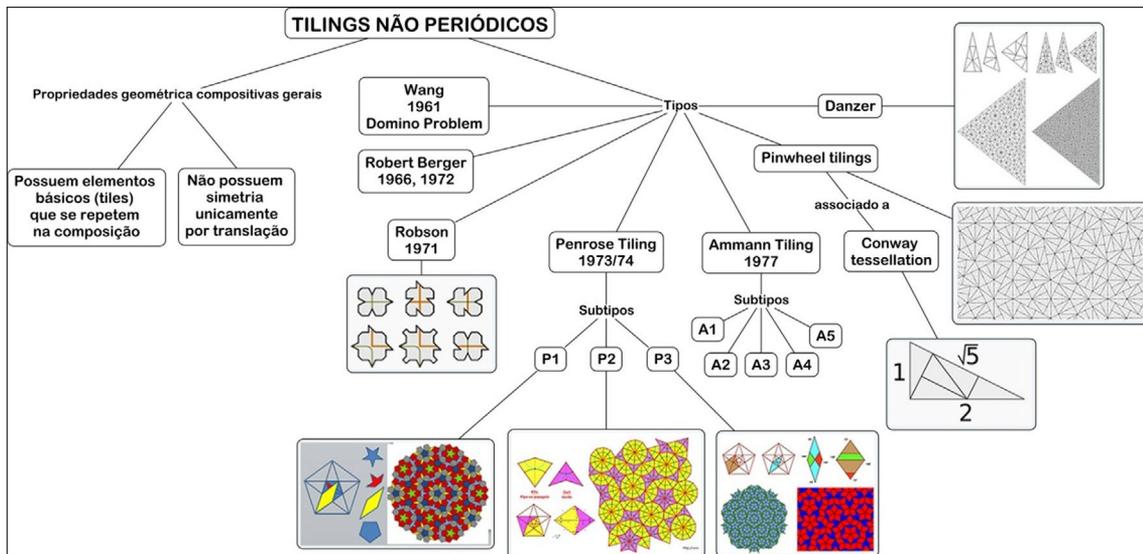


Figura 14: Taxonomia relativa às propriedades e tipos de *tilings* não periódicos

Fonte: adaptado de Bourke (2002)

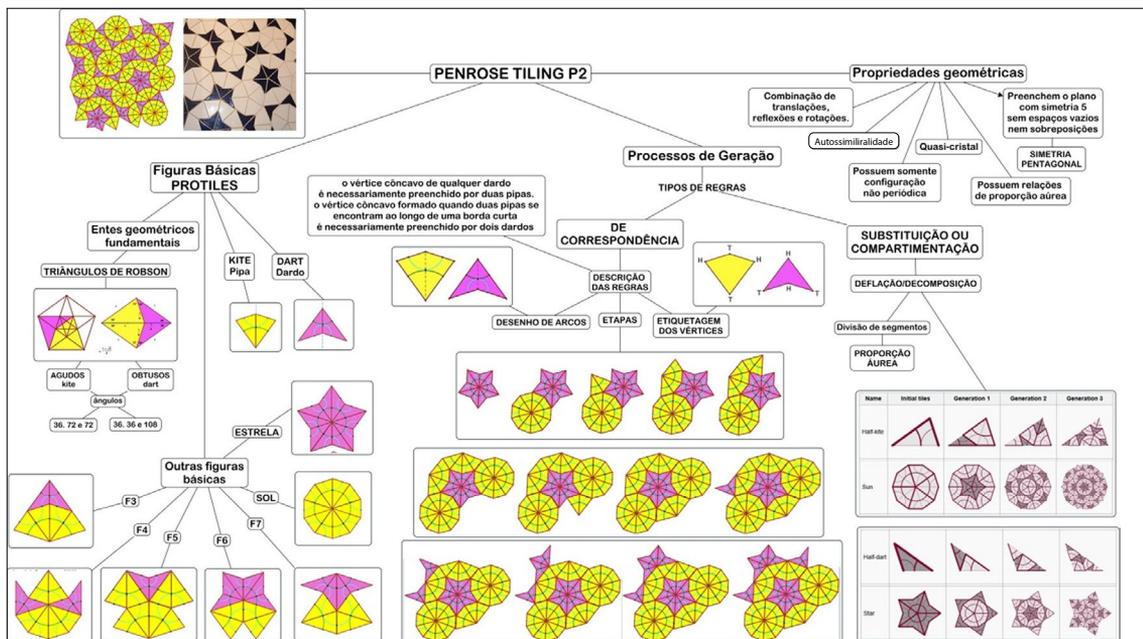


Figura 15: Taxonomia relativa às propriedades, figuras básicas e processos de geração do *tiling* P2 de Roger Penrose

Fonte: adaptada de Schultz (2010)

Destaca-se que os *prototiles* P2 podem ser unidos para formar um losango, que é uma figura de base para uma composição do tipo periódica (em que partes se repetem por simetria de translação unicamente). No entanto, para forçar uma composição ou pavimentação não periódica, Penrose e John Horton Conway derivaram regras para organizar as peças, denominadas de 'regras de correspondência', que podem ser por

“etiquetagem dos vértices”, forçando a coincidência de vértices de mesmo tipo, ou por “desenho de duas curvas” (arcos) com cores diferentes sobre as peças, de modo que duas peças adjacentes se unam fazendo coincidir os caminhos de mesma cor. Estas regras também estão representadas na Figura 15 e indicam que, em geral, o vértice côncavo de qualquer dardo é necessariamente preenchido por duas pipas, e o vértice côncavo formado quando duas pipas se encontram ao longo de uma borda curta é necessariamente preenchido por dois dardos. Importante salientar que as mesmas figuras podem também ser geradas por “regras de substituição”, em que há uma divisão das arestas dos triângulos em uma proporção áurea, gerando segmentos de reta que serão base para novos triângulos, menores, que substituirão os anteriores em um processo recursivo. Segundo Ramachandrarao, Sinha e Sanyal (2000), existe um dimensionamento de autossimilaridade neste piso que pode ser pensado como um fractal. Usando regras de substituição, Penrose descobriu os *tiles* P1 por decomposição de um pentágono em seis pentágonos menores, o que comprova a afirmação anterior. Para Austin (2005a, 2005b), este processo de geração *up-down* produz um método para parametrizar as pavimentações.

Os mapas das Figuras 16 e 17 ilustram uma proposta de modelagem paramétrica do *tiling* P2. Nesta proposta, teve-se o objetivo de reconhecer a lógica compositiva e verificar qual o potencial deste *tiling* para inserir conceitos de composição geométrica e de modelagem paramétrica, a partir de processos otimizados de geração da forma. A Figura 16 refere-se à modelagem paramétrica dos *prototiles* (pipa, dardo) e *tiles* (sol, estrela) do *tiling* P2, destacando-se as palavras-chave relativas aos entes geométricos e transformações geométricas envolvidas. Os termos também foram expressos na linguagem tecnológica que é própria da ferramenta paramétrica utilizada, o plug-in Grasshopper associado ao software Rhinoceros, como, por exemplo, uma linha orientada é denominada de *line SDL* (S=ponto inicial da curva, D=direção da curva e L=comprimento da curva).

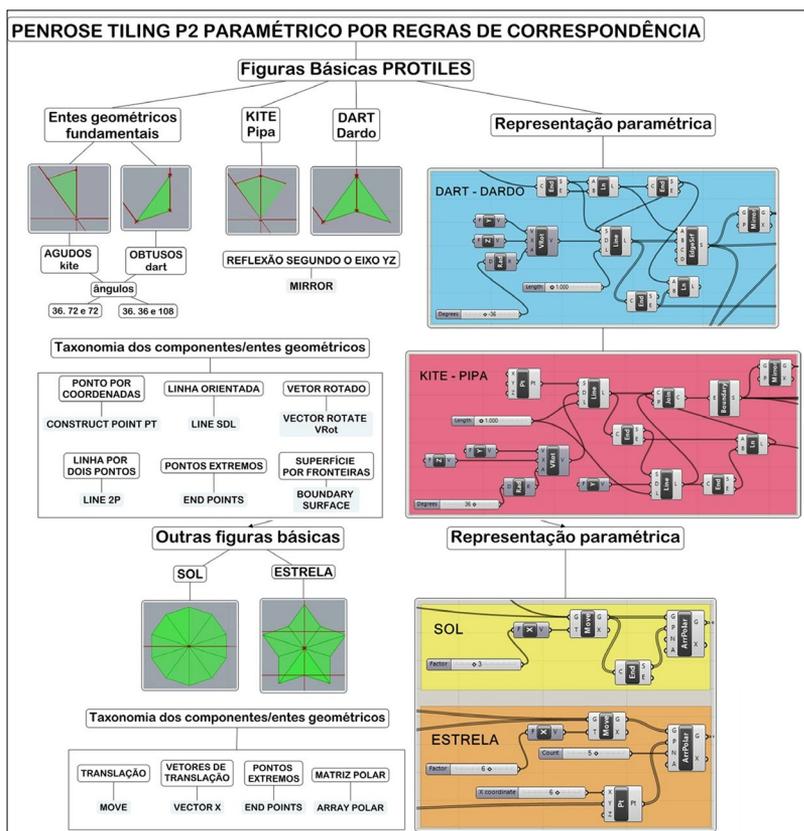
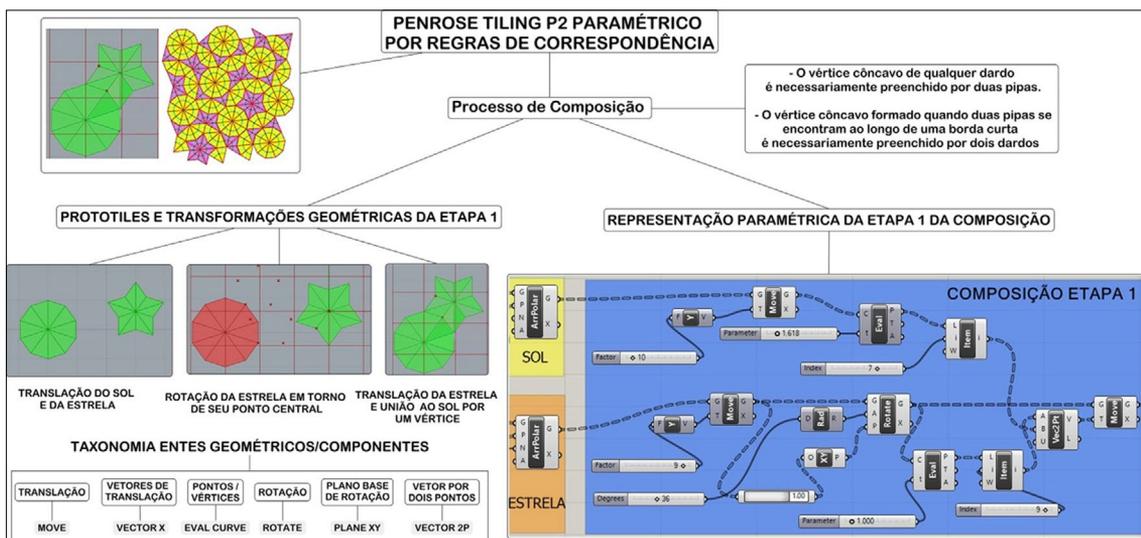


Figura 16: Taxonomia relativa à representação paramétrica dos *prototiles* e *tiles* P2 de Roger Penrose

Fonte: elaborada pelos autores

Destaca-se que as dimensões das arestas dos triângulos iniciais dos *prototiles* pipa e dardo podem ser parametrizadas como uma relação de proporção áurea, a qual otimiza o processo de representação. Na modelagem proposta, tal função não foi atribuída, desde que também são conhecidos os ângulos internos dos triângulos, os quais dois deles foram diretamente informados para representar as arestas da figura e que, por consequência direta, irão produzir uma terceira aresta que estará em proporção áurea com as duas anteriores. Outra questão importante no processo proposto é a utilização de uma “matriz polar” (*array polar*) para atribuir simultaneamente todas as reflexões dos *prototiles* necessárias para gerar as figuras estrela e sol, o que simplifica muito as etapas de representação.

A Figura 17 ilustra a etapa um, relativa ao processo de composição do *tiling* P2, em que as regras de correspondência indicam uma rotação da estrela em 36 graus e sua união ao sol a partir de um vértice específico de ambas as figuras. Esta regra, embora de descrição muito simples, envolveu muitos processos e o uso de vários componentes de parametrização, o que indica a necessidade de estruturar um espaço otimizado de modelagem, em que seja possível trabalhar com um número menor de componentes sem perder a flexibilidade da parametrização. Quanto a isso, os autores de referência indicam que a irregularidade da composição faz com que encontrar uma lógica clara de otimização seja muito difícil, desde que a união das arestas pelas regras de correspondência permite ter muitas variações locais dos desenhos, os quais se repetem poucas vezes na composição. Por isso indicam como processo adequado a uma parametrização destas composições o uso das *regras recursivas de substituição*.



DISCUSSÃO

Figura 17: Taxonomia relativa à representação paramétrica da etapa um do processo de composição do *tiling* P2 de Roger Penrose

Fonte: elaborada pelos autores

A análise sobre uma estrutura de conhecimento específica de aplicação de novos conceitos matemáticos na arquitetura contemporânea possibilitou identificar: a presença de uma sobreposição das linguagens da arquitetura, da geometria e da matemática; a falta de referenciais suficientemente claros para apoiar a categorização do conteúdo por tipos, sendo que foi percebida maior facilidade em organizar a terminologia hierarquicamente; e o detalhamento insuficiente de determinados termos e conceitos empregados no texto adotado como referência para as análises.

Também foi possível compreender que, para o contexto didático, somente a categorização hierárquica não é suficiente para sistematizar a estrutura de saber tratada. É necessário categorizar os conceitos por tipos

e, principalmente, explicitar os relacionamentos entre os termos, as suas características e a explicação/justificação que fundamenta(m) estas relações. Isso significa definir atributos para cada entidade classificada, o que configura a especificação de uma ontologia. Com isto, ficou caracterizada a pertinência ou necessidade de explicitar em um nível mais profundo a taxonomia desenvolvida, avançando para a descrição de uma ontologia que suporta o conhecimento tratado no material analisado.

Destaca-se que a taxonomia desenvolvida para detalhar o conceito de *tilings* não periódicos resultou em uma maior compreensão sobre as estratégias de divisão do plano e do espaço tridimensional utilizadas na arquitetura contemporânea, mesmo que em um momento inicial (conceitual) de preparação para a estruturação de processos de modelagem paramétrica. O que aponta para a relevância do método adotado em conjunto com as análises de arquitetura. Tal método pode ser estendido para apoiar a configuração de elementos específicos que integram a estrutura geométrica de tais obras em uma representação paramétrica. Tem-se desenvolvido os mesmos tipos de estruturas conceituais para outras terminologias associadas à geometria complexa da arquitetura, como *superfícies e serialidade*, apontadas por Burry e Burry (2010).

Por outro lado, as taxonomias até então constituídas, mesmo que não possuam a mesma potencialidade de uma ontologia, por explicitarem uma terminologia própria, têm a capacidade de subsidiar tanto a indexação de materiais em sistemas online de aprendizagem, através da atribuição de metadados de conteúdo, como de facilitar a associação de materiais sobre o mesmo assunto, ampliando a estrutura de conhecimento descrita e explicitada.

Outro importante resultado é que as representações paramétricas desenvolvidas até o momento estão permitindo refletir sobre as estratégias projetuais baseadas na geometria utilizadas por arquitetos contemporâneos devido à necessidade de se buscar uma compreensão mais profunda sobre cada elemento de parametrização, sejam estes elementos as composições irregulares muito específicas, como os *tilings* não periódicos, ou os tipos de curvas muito pouco conhecidas que se encontram configurando algumas das superfícies que estão sendo estudadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensaio proposto neste artigo possibilitou estruturar alguns conceitos geométricos adotados na arquitetura contemporânea, indicando a necessidade de detalhar e aprofundar a caracterização e a definição dos termos associados a tais conceitos identificados. A sistematização dos processos de modelagem paramétrica das obras de arquitetura que empregam tais conceitos geométricos irá exigir uma maior compreensão sobre alguns termos classificados, fazendo com que se delimitem conexões importantes sobre a arquitetura contemporânea e os processos de projeto de seus arquitetos.

Neste momento, estão sendo estudadas e reconhecidas taxonomias específicas que abordam os conceitos matemáticos e as técnicas de modelagem paramétrica, associadas com a definição geométrica de tais conceitos na arquitetura contemporânea. A estruturação de algumas destas taxonomias está possibilitando identificar lógicas de projeto compartilhadas entre arquitetos de períodos diferentes da história da arquitetura, ampliando o campo de investigação inicialmente proposto na pesquisa em que este trabalho está inserido.

Na continuação do trabalho, será feita a estruturação destas taxonomias em um formato específico, visando serem aplicadas no contexto de ensino de arquitetura em uma disciplina de pós-graduação. Será também feita uma avaliação destas aplicações quanto à promoção do processo de aprendizagem da modelagem paramétrica da geometria complexa da arquitetura contemporânea.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPQ, órgão financiador do projeto de pesquisa “O processo de projeto mediado pelas tecnologias de informação e comunicação”, que permitiu o desenvolvimento da rede TEAR_AD, à qual este trabalho está associado, e do Projeto Acorda (UFPEL), no qual foi desenvolvida a metodologia adotada neste trabalho. Agradecemos particularmente à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo pela oportunidade de realização do doutoramento em Arquitetura e Urbanismo.

REFERÊNCIAS

- AUSTIN, D. Penrose tiles talk across miles. **American Mathematical Society**: feature column, Providence, 13 ago. 2005a. Disponível em: <<https://goo.gl/7VynQ8>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- _____. Penrose tilings tied up in ribbons. **American Mathematical Society**: feature column, Providence, 5 dez. 2005b. Disponível em: <<https://goo.gl/R4aT5U>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- BORDA, A. et al. Produção e compartilhamento de objetos de aprendizagem dirigidos ao projeto de arquitetura. In: CONGRESS OF THE IBERO-AMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS, 14., 2010, Bogotá. **Proceedings...** Bogotá: Uniandes, 2010. v. 1, p. 104-107.
- BOURKE, P. Tiling on the plane. **Paul Bourke**, Perth, 30 jun. 2002. Disponível em: <<https://goo.gl/ck1x9t>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- BURRY, J.; BURRY, M. **The new mathematics of architecture**. London: Thames & Hudson, 2010.
- CAJORI, F. **Uma história da matemática**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2007.
- CHEVALLARD, Y. El análisis de las prácticas docentes en la teoría antropológica de lo didáctico. **Recherches en didactique des mathématiques**, Grenoble, v. 19, n. 2, p. 221-266, 1999. Disponível em: <<https://goo.gl/ZTzwZe>> Acesso em: 31 out. 2017.
- GROBMAN, J. Y. Soft[ware] boundaries: complex geometry in architectural design. In: TARAGA, H.; GAL, N. (Eds.). **The beauty of Japheth in the tents of Shem**: studies in honor of Mordechai Omer. Tel Aviv: Tel Aviv University, 2010. p. 585-599. Disponível em: <<https://goo.gl/Wt8ZaG>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- KOLAREVIC, B. **Architecture in the digital age**: design and manufacturing. New York: Spon Press, 2003.
- MITCHELL, W. J. **The logic of architecture**: design, computation, and cognition. Cambridge, MA: The MIT Press, 1990.
- MONEDERO, J. **Aplicaciones informáticas en arquitectura**. 2. ed. Barcelona: UPC, 2000a.
- _____. Parametric design: a review and some experiences. **Automation in construction**, Amsterdam, v. 9, n. 4, p. 369-377, 2000b.
- NOVO, H. **A elaboração de taxonomia**: princípios classificatórios para domínios interdisciplinares. 2007. 172 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Instituto de Artes e Comunicação Social, Universidade Federal Fluminense, Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, Niterói, 2007.
- PIRES, J. F. **Construção do vocabulário e repertório geométrico para os estágios iniciais da prática projetual de arquitetura**. 2010. 154 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010. Disponível em: <http://www.ufpel.edu.br/faurb/prograu/documentos/documentos2010/dissertacao_janice.pdf>. Acesso em: 25 maio 2011.
- PIRES, J. F.; BORDA, A. Identificação de estruturas de saber implícitas em materiais didáticos para a delimitação de uma taxonomia de domínio. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA DA UFPEL, 1., 2010, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Gráfica Universitária, 2010. v. 1, p. 1-9.
- PIRES, J. F.; BORDA, A.; PERONTI, G. Planificações parametrizadas e kirigami: aproximações possíveis para o estudo e a representação de superfícies curvas. **Blucher Design Proceedings**, São Paulo, v. 1, n. 8, p. 265-270, 2014.
- PIRES, J. F.; AGUIRRE, N. M.; BORDA, A. Ativação da memória para o projeto de arquitetura através de metadados para caracterização da forma. In: CONGRESS OF THE IBERO-AMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS, 13., 2009, São Paulo.

Proceedings... São Paulo: Mackenzie, 2009. v. 1, p. 396-398.

PIRES, J. F. GONÇALVES, A.; PEREIRA, A. T. C. Taxonomias de geometria da arquitetura contemporânea como elementos didáticos para a prática do projeto paramétrico.

Blucher Design Proceedings, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 71-77, 2016.

PIRES, J. F. et al. Processos de ensino aprendizagem da geometria de superfícies curvas em arquitetura e design. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 9.; INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND DESIGN, 10., Florianópolis, 2013. Florianópolis: UFSC, 2013. p. 1-13.

POTTMANN, H. Architectural geometry as design knowledge. **Architectural Design**, Hoboken, v. 80, n. 4, p. 72-77, 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/zJZgde>>. Acesso em: 31 out. 2017.

POTTMANN, H. et al. **Architectural geometry**. Exton: Bentley Institute, 2007.

RAMACHANDRARAO, P.; SINHA, A.; SANYAL, D. On the fractal nature of Penrose tiling. **Current Science**, Bengaluru, v. 79, n. 3, p. 364-367, 2000.

RAZANI, R. Phantastische Papierarbeiten: Faltschnittkarten selber machen, mit Anleitungen und Plänen in originalgröße. Augsburg: Augustus, 1993.

SCHNABEL, M. A. Parametric designing in architecture. In: COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN FUTURES 2007, 12., 2007, Sydney. **Proceedings...** New York: Springer, 2007. p. 237-250.

SCHULTZ, K. Penrose tilings. **Class Page for Kyle Schultz**. Athens, GA, 13 mar. 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/BrNNUe>>. Acesso em: 31 out. 2017.

STUDER, R.; BENJAMINS, V. R.; FENSEL, D. Knowledge engineering: principles and methods. **Data & Knowledge Engineering**, Amsterdam, v. 25, n. 1-2, p. 161-197, 1998.

VAZ, C. E. V. **Um sistema de ensino de projeto baseado no conhecimento: sistemas generativos e ontologias aplicadas no ensino de arquitetura paisagística**. 2011. 256 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

WOODBURY, R. F. **Elements of parametric design**. London: Routledge, 2010.

Janice de Freitas Pires
janicefpires@hotmail.com

Alice Theresinha Cybis Pereira
acybis@gmail.com

Alexandre Gonçalves
alexandre.l.goncalves@gmail.com

