

Simplificação de Plantas de Arquitectura para Classificação Automática

António Simão Ricardo Ramião
Alfredo Ferreira Manuel J. Fonseca Joaquim A. Jorge
Departamento de Engenharia Informática
INESC-ID/IST/UTL
R. Alves Redol, 9, 1000-029 Lisboa, Portugal
crimsonzinho@sapo.pt, rmmr@netcabo.pt
alfredo.ferreira@inesc-id.pt, mjf@inesc-id.pt, jorgej@acm.org

Resumo

Durante a fase de criação de um novo projecto de arquitectura, normalmente os arquitectos e desenhadores recorrem a trabalhos antigos para procurar soluções já atingidas no passado. No entanto a procura de plantas antigas obriga a uma pesquisa demorada, na medida em que não existem mecanismos de pesquisa baseados no conteúdo. Os que existem obrigam os utilizadores a inserir um conjunto de informação adicional que posteriormente servirá para recuperar as plantas. A solução por nós proposta vai no sentido de extrair de forma automática informação sobre o conteúdo das plantas, para permitir a sua posterior recuperação usando apenas esboços ou plantas fornecidas pelo utilizador. Para que esta abordagem produza bons resultados, é necessário simplificar as plantas de modo a eliminar informação redundante. Assim, reduzimos a quantidade de informação a catalogar, guardar e pesquisar. Neste artigo, descrevemos o processo desenvolvido para simplificar plantas de arquitectura para que estas possam ser submetidas a um processo de catalogação automático. Apresentamos ainda o modo como este mecanismo de simplificação se integra numa plataforma mais genérica de recuperação de informação multimédia.

Palavras-Chave

Simplificação de Plantas, Desenhos Vectoriais, Classificação Automática, Recuperação usando Esboços

1. Introdução

Estudos [11, 5] referem que a utilização de bibliotecas de casos antigos é importante para ajudar o arquitecto a identificar características a incluir ou problemas a evitar em novos desenhos. Por outro lado, em algumas firmas de arquitectura, constitui prática comum a cópia de desenhos entre colegas de equipa, para posterior desenvolvimento [4]. Em conversas informais com alguns arquitectos constatamos que durante a fase de criação de novos trabalhos, estes recorrem com alguma frequência a desenhos antigos para retirarem ideias ou soluções de problemas específicos já resolvidos.

Tradicionalmente o processo de localização destes trabalhos é moroso, complexo e pouco fiável, exigindo uma inspecção visual exaustiva. Infelizmente a popularização dos sistemas de CAD, ao facilitar a criação e edição de novos desenhos, agudiza este problema na medida em que o número de trabalhos produzidos aumenta, sem que existam mecanismos de busca apropriados a esta tarefa. Mesmo os arquitectos que armazenam os seus trabalhos e desenhos em formato electrónico, usando um sistema de CAD, continuam a fazer a pesquisa usando a versão em papel, e só

depois de localizarem o desenho pretendido e identificarem o ficheiro correspondente, utilizam a versão electrónica deste. Infelizmente, a única referência que os arquitectos têm à sua disposição para lhes dar alguma informação sobre o conteúdo de um determinado desenho é o nome do ficheiro.

Algumas das soluções propostas [1, 3] para este problema utilizam bases de dados textuais para organizar o conteúdo dos desenhos. Normalmente os desenhos são classificados usando palavras chave e outra informação como nome do arquitecto, estilo, data e uma descrição textual. Porém, as soluções baseadas em interrogações textuais não resolvem o problema de forma satisfatória, pois obrigam os arquitectos a conhecerem em detalhe a meta-informação usada para caracterizar os desenhos e necessitam de intervenção humana para gerar a classificação destes.

Mark Gross e Ellen Do exploraram a utilização de diagramas para indexar bases de dados de desenhos de arquitectura [12, 13]. A cada desenho era associado um diagrama, desenhado manualmente, que depois era comparado com outro diagrama, desenhado pelo utilizador durante a fase de pesquisa. Embora este sistema seja funcional para con-

juntos pequenos de imagens, torna-se impraticável para colecções maiores, uma vez que não suporta a classificação automática destas.

Em oposição à organização textual e à classificação manual, utilizamos uma classificação visual baseada em topologia e geometria, que consideramos mais adequada a este tipo de problemas, na medida em que utiliza a memória visual evidenciada pelos arquitectos e explora a sua capacidade para fazer rascunhos, como mecanismo de interrogação. No entanto, a utilização de soluções deste tipo pressupõe a existência de mecanismos capazes de extrair de forma automática a informação que descreve o conteúdo dos desenhos. Neste artigo apresentamos um conjunto de técnicas para simplificar plantas de arquitectura, em formato electrónico (DXF), de modo a facilitar a extracção, descrição e comparação de plantas de arquitectura com interrogações sob a forma de esboços. A nossa abordagem simplifica o desenho de modo a extrair apenas a topologia e a geometria das divisões que constituem uma planta. Toda a informação restante (acessórios, portas, janelas, móveis, etc.) são retirados de modo a reduzir a complexidade do desenho. No resto do artigo, descrevemos os vários passos de simplificação de plantas de arquitectura, mostramos como este conjunto de técnicas se integram numa plataforma de recuperação de informação multimédia e finalmente apresentamos conclusões e trabalho futuro.

2. Simplificação

A simplificação de uma planta de arquitectura começa pela identificação da camada onde se encontram as paredes. Deste modo, grande parte da informação irrelevante para a descrição do conteúdo é descartada. De seguida, reduzimos a representação das paredes a apenas uma linha. Devido a esta redução, algumas paredes ficam desalinhas, o que obriga a mais um passo de alinhamento. Finalmente, procuramos fechar todas as paredes, de modo a definir as divisões. A Figura 1 apresenta os vários passos da simplificação, que descreveremos com mais detalhe nas subsecções seguintes.

2.1. Pré-Requisitos das Plantas

Para que a simplificação ocorra sem problemas temos que garantir algumas condições iniciais na planta que é fornecida. O ficheiro DXF que contém a planta deve estar dividido em várias camadas, de modo a agrupar em cada uma delas um tipo específico de elemento. No nosso caso, a situação mais desejada, é o isolamento das paredes de tudo o resto. Caso esta última condição não se verifique, e existam outros elementos na camada das paredes, então tudo o que estiver na camada das paredes tem que ter uma cor diferente. Finalmente, os algoritmos desenvolvidos assu-

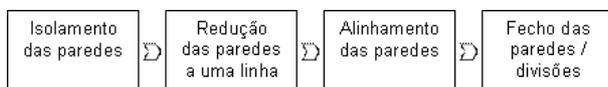


Figura 1. Passos da simplificação.

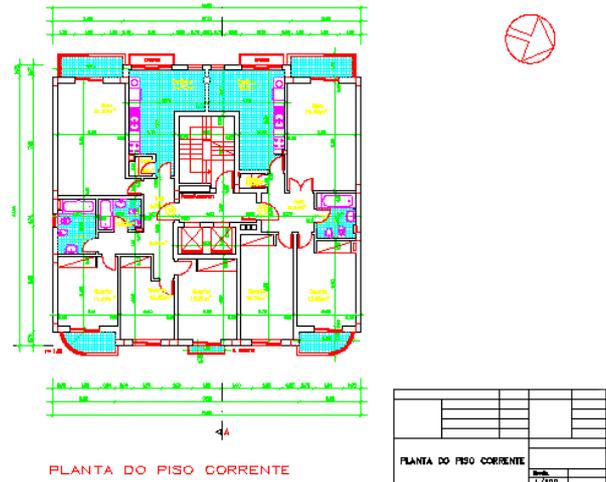


Figura 2. Planta inicial com todas as camadas.

mem que todas as paredes são representadas com duas linhas paralelas, como é comum em desenhos técnicos. A maior parte destes pré-requisitos seriam desnecessários, se os arquitectos ou desenhadores cumprissem as normas internacionais existentes.

2.2. Isolamento das Paredes

O primeiro passo na simplificação de uma planta de arquitectura é identificar a camada onde se encontram as paredes. Começamos por comparar os nomes de cada uma das camadas do ficheiro com o que está definido no standard ISO DIS 13567 [2]. Caso o ficheiro respeite esta norma, então a detecção da camada de paredes é directa. Por outro lado, como algumas empresas definem a sua própria norma para a atribuição de nomes às camadas, é possível especificar qual o nome da camada que contém as paredes.

Caso não seja possível identificar a camada que contém as paredes apenas pelo seu nome, então aplicamos os nossos algoritmos. Primeiro, retirámos as linhas mais pequenas, eliminando informação irrelevante, como por exemplo os limites das cotas e zonas sombreadas. Por fim, contamos o número de linhas em cada camada, escolhendo a que tem mais linhas como sendo a das paredes.

Uma vez identificada a camada que contém as paredes vamos verificar se todos os elementos são realmente paredes. Para isso, construímos um histograma de cor, de modo a identificar a cor predominante. Todos os elementos que não tenham a cor predominante são descartados. Após este passo as paredes estão completamente isolados do resto da planta. A Figura 3 apresenta o resultado da aplicação destes algoritmos sobre a planta da Figura 2.

2.3. Redução das Paredes a uma Linha

Tipicamente, as paredes das plantas de arquitectura são desenhadas com duas linhas de modo a indicar a sua espessura. No entanto, como essa informação não é importante para a detecção, análise e descrição da topologia das divisões, vamos procurar eliminá-la. O processo utilizado,

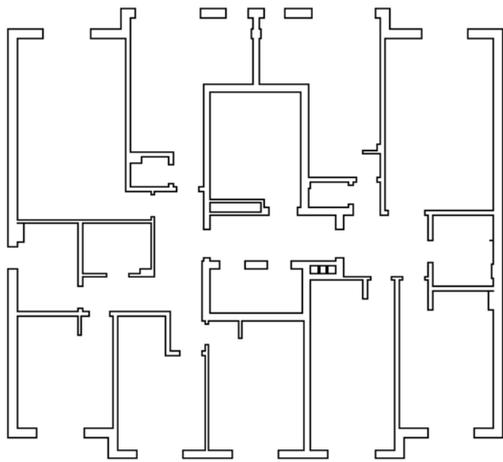


Figura 3. Planta apenas com as paredes.

começa com uma linha e procura linhas paralelas com alguma zona em comum e a uma distância relativamente próxima (espessura máxima de uma parede). Quando se detectam duas linhas nestas condições, é criada uma nova linha de comprimento igual à parte comum a ambas e situada no meio delas. Este passo é necessário pois existem linhas que podem ter várias linhas paralelas de dimensão menor. Se a linha que está a ser processada for menor que a encontrada, então o algoritmo passa à linha seguinte. Caso contrário, marcamos a linha encontrada como removida, o que implica que já não será tratada, e continuamos a iterar com a linha inicial.

No final deste passo temos uma lista de pontos que representa as extremidades das novas linhas e que será utilizada nos passos seguintes. A Figura 4 mostra o resultado da aplicação deste algoritmo.

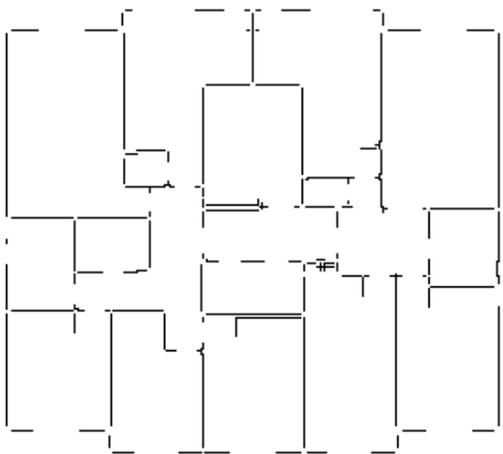


Figura 4. Paredes representadas apenas com uma linha.

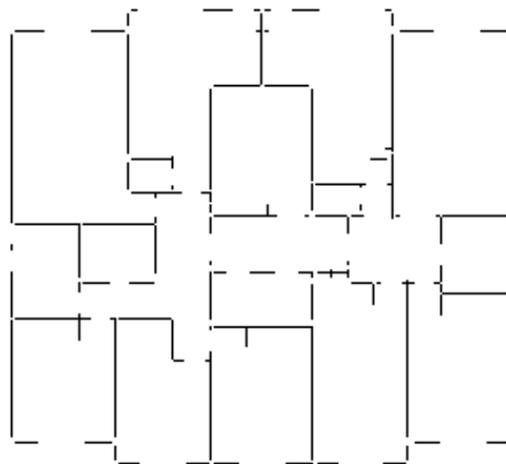


Figura 5. Paredes depois de alinhadas.

2.4. Alinhamento das Paredes

Como as paredes de uma planta não são todas da mesma espessura e também devido à própria morfologia de uma planta, as novas linhas poderão ter alinhamentos diferentes, como se pode ver na Figura 4. De modo a facilitar a tarefa de ligar as paredes entre si, aplicamos mais um passo que permite colocar as paredes no mesmo alinhamento. Para cada linha verificamos se existe uma linha paralela com um desfasamento inferior ao valor máximo da espessura de uma parede e que se situe num raio de proximidade de metade desse valor. Deste modo apenas fazemos alinhamentos locais.

Quando existem sobreposições de linhas, (que nós assumimos que são apenas do tipo em que uma linha está contida na outra), eliminamos a que ficaria contida. Na Figura 5 mostramos a planta com as linhas alinhadas verticalmente e horizontalmente.

2.5. Fecho das Paredes

O último passo da simplificação está dividido em duas etapas. Na primeira, procuramos ligar paredes próximas que no processo de passagem a linhas simples ficaram separadas devido às diferenças de tamanhos das linhas que as formavam. Começamos por procurar linhas que tenham um extremo não ligado. Para cada um destes pontos procuramos qual o ponto que se encontra mais perto dentro de um raio pré-definido (é necessário ter em atenção que esse ponto mais próximo não poderá ser a outra extremidade da linha). Encontrado o ponto mais próximo criamos uma nova linha entre os dois, ligando assim duas paredes. Ambos os pontos são marcados como não livres e passamos à próxima iteração.

A segunda etapa serve para ligar apenas linhas que sejam paralelas, se encontrem no mesmo alinhamento e cujos extremos mais próximos não distem de um valor pré-definido (tipicamente a largura de uma parede). Para cada linha que tenha pelo menos um dos extremos marcados como livre,

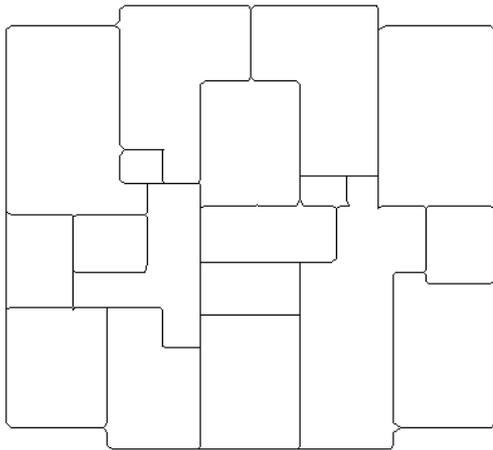


Figura 6. Planta simplificada depois de fechar as linhas.

percorremos a lista de linhas à procura de outra nas mesmas condições e cuja distância à primeira seja maior que o raio definido para as ligações curtas (para não ligarmos novamente as linhas próximas) e ligamos as duas. É ainda necessário que a nova linha não se sobreponha a outra já existente. Desta forma efectuamos ligações mais longas correspondentes aos locais onde existiam portas ou janelas.

Finalmente, aplicamos mais um passo para eliminar todas as linhas que apresentem extremos soltos. O resultado final é uma planta onde as paredes são representadas usando apenas uma linha e onde todas as divisões estão fechadas (ver Figura 6).

3. Integração com Plataforma de Recuperação

Todo este processo de simplificação de plantas de arquitectura é realizado para reduzir a quantidade de informação a processar e armazenar durante a análise de conteúdo. A partir das plantas, extraímos informação sobre topologia (arranjo espacial das divisões) e geometria (proporção das divisões).

A topologia das divisões é guardada sob a forma de um grafo de topologia, onde cada nó representa uma divisão e cada ligação horizontal significa adjacência. A Figura 7 apresenta o grafo de topologia para parte da planta da Figura 6. A partir destes grafos de topologia aplica-se uma técnica de descrição por níveis, que permite descrever a mesma planta usando diferentes níveis de detalhe, e também descrever partes da planta. Deste modo o utilizador durante a pesquisa pode usar interrogações simples para procurar plantas complexas. Uma descrição mais detalhada deste tipo de grafos de topologia assim como da descrição por níveis pode ser encontrada em [9, 6]. Os grafos de topologia são posteriormente convertidos em descritores vectoriais através do cálculo dos valores próprios das matrizes de adjacência dos grafos. Estes descritores são depois inseridos numa estrutura de indexação multidimensional

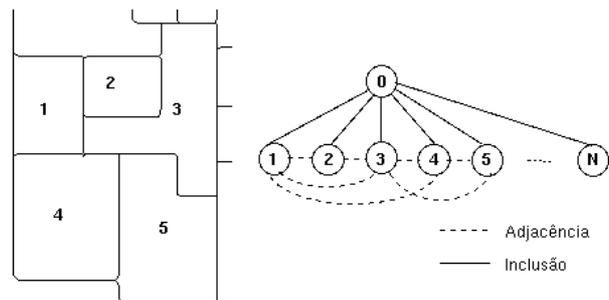


Figura 7. Grafo de topologia (parcial).

dimensional que permite uma pesquisa eficiente dos vizinhos mais próximos. Assim, a comparação entre grafos é transformada na comparação de vectores multidimensionais.

Para extrair a geometria das divisões da planta, usamos uma biblioteca de reconhecimento de formas geométricas, CALI [8, 10, 7], que produz um conjunto de descritores geométricos que representam a geometria do desenho. Tal como no caso da topologia, também a semelhança entre geometrias é convertida na comparação de vectores numéricos.

A plataforma de recuperação que irá ser usada para completar o processo de recuperação de plantas de arquitectura usando esboços, foi desenvolvida por Fonseca [6] e permite a pesquisa de desenhos vectoriais em conjuntos com uma elevada quantidade de elementos. O processo de pesquisa oferecido pela plataforma faz uma primeira filtragem, comparando a topologia da interrogação com a topologia dos desenhos catalogados. Os desenhos que passarem a filtragem por topologia são depois comparados usando a geometria, e no final ficamos com um conjunto de plantas similares à interrogação submetida. De salientar que o utilizador não necessita de criar uma interrogação de complexidade semelhante às plantas existentes na base de dados, pois o mecanismo de comparação da plataforma consegue comparar interrogações com partes de plantas.

4. Conclusões

Neste artigo descrevemos um conjunto de algoritmos simples para simplificar plantas de arquitectura. O principal objectivo desta simplificação é possibilitar a extracção automática de informação visual sobre o conteúdo dos desenhos, para posterior catalogação e pesquisa. Apresentamos ainda o enquadramento destas técnicas de simplificação numa plataforma mais genérica de recuperação de informação multimédia, através da conversão da organização espacial das divisões da planta num grafo de topologia.

Embora os algoritmos tenham sido testados com várias plantas, durante a fase de desenvolvimento, ainda não temos resultados experimentais para apresentar, pois este trabalho ainda está numa fase inicial do seu desenvolvimento. Planeamos num futuro próximo, realizar testes experimentais para: medir tempos de simplificação, e verificar se são aceitáveis; analisar os resultados simplificados, para ver

se são perceptíveis; e verificar se os utilizadores realizam esboços que se assemelham às plantas simplificadas.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado em parte pela Fundação para Ciência e Tecnologia, Bolsa POSI/EIA/59938/2004.

Referências

- [1] D. V. Bakergem. Image Collections in The Design Studio. In **The Electronic Design Studio: Architectural Knowledge and Media in the Computer Age**, pages 261–272. MIT Press, 1990.
- [2] B.-C. Björk, K. Löwnertz, and A. Kiviniemi. ISO DIS 13567 - The Proposed International Standard for Structuring Layers in Computer Aided Building Design. **Electronic Journal of Information technology in Construction**, 2:32–56, 1997.
- [3] M. Clayton and H. Wiesenthal. Enhancing the Sketchbook. In **Proceedings of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA'91)**, pages 113–125, Los Angeles, CA, 1991.
- [4] Ellen Y. Do. What's in a Diagram that a Computer Should Understand? In M. Tan and R. Teh, editors, **Proceedings of The Sixth International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures (CAADF'95)**, pages 103–114, National University of Singapore, 1995. The Global Design Studio.
- [5] Ellen Y. Do. **The right tool at the right time**. PhD Thesis, Georgia Institute of Technology, September 1998.
- [6] Manuel J. Fonseca. **Sketch-Based Retrieval in Large Sets of Drawings**. PhD thesis, IST/UTL, Lisboa, Portugal, July 2004.
- [7] Manuel J. Fonseca and Joaquim A. Jorge. CALI : A Software Library for Calligraphic Interfaces. INESC-ID, available at <http://immi.inesc-id.pt/cali/>, 2000.
- [8] Manuel J. Fonseca and Joaquim A. Jorge. Experimental Evaluation of an on-line Scribble Recognizer. **Pattern Recognition Letters**, 22(12):1311–1319, 2001.
- [9] Manuel J. Fonseca, Alfredo Ferreira Jr., and Joaquim A. Jorge. Content-Based Retrieval of Technical Drawings. **International Journal of Computer Applications in Technology (IJCAT)**, 23(2/3/4):86–100, 2005.
- [10] Manuel J. Fonseca, César Pimentel, and Joaquim A. Jorge. Cali: An online scribble recognizer for calligraphic interfaces. In **Proceedings of the 2002 AAAI Spring Symposium - Sketch Understanding**, pages 51–58, Palo Alto, USA, March 2002.
- [11] M. Gross, C. Zimring, and E. Do. Using Diagrams to Access a Case Library of Design. In **Artificial Intelligence in Design (AID'94)**, pages 129–144, Netherlands, 1994. Kluwer Academic Publishers.
- [12] Mark D. Gross. Indexing Visual Databases of Designs with Diagrams. In A. Koutamanis, H. Timmermans, and I. Vermeulen, editors, **Visual Databases in Architecture**, pages 1–14, Avebury: Aldershot, UK, 1995.
- [13] Mark D. Gross and Ellen Yui-Luen Do. Diagram Query & Image Retrieval in Design. In **Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Image Processing**, volume 1 of 308–311, Washinton D.C., 1995. IEEE Computer Society Press.